

キャプテンパイル工法

（場所打ち杭用杭頭半固定工法）

設計・施工マニュアル

2021 年 4 月

キャプテンパイル協会

キャプテンパイル工法

(場所打ち杭用杭頭半固定工法)

設計・施工マニュアル

2021 年 4 月

キャプテンパイル協会

まえがき

本工法は、2002年12月に、日本建築センターの一般評定を取得した鹿島建設の「キャプリングパイル工法（杭頭半固定工法）」の拡張タイプです。場所打ち杭用に、引張り抵抗機能も有し、大口径まで適用可能とする為、共研体制を組み、2004年4月に共同研究開発に着手し、構造実験・施工実験等を実施し、「キャプテンパイル工法」として設計・施工システムを確立させ、2005年12月に、一般評定を取得しました。

注）共研体制は、以下の10社で構成されています。

鹿島建設(株)、(株)奥村組、五洋建設(株)、戸田建設(株)、飛島建設(株)、西松建設(株)、
(株)長谷工コーポレーション、松井建設(株)、三井住友建設(株)、高周波熱錬(株)

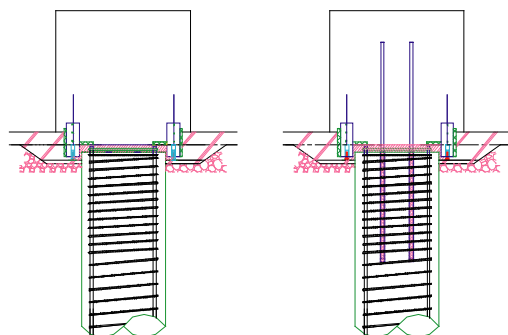
■ 開発の背景

杭頭半固定工法は、従来型の固定工法と比較して、地震時の杭頭曲げモーメントを低減し、杭材の損傷も少なくでき、耐震性向上も図れるという特長があり、すでに他社にて、いくつかの杭頭半固定工法が開発されており、実用に供されています。本工法の共研提案者の鹿島は、既評定取得の杭頭半固定工法「キャプリングパイル工法」で、既製杭を主に実績をあげています。

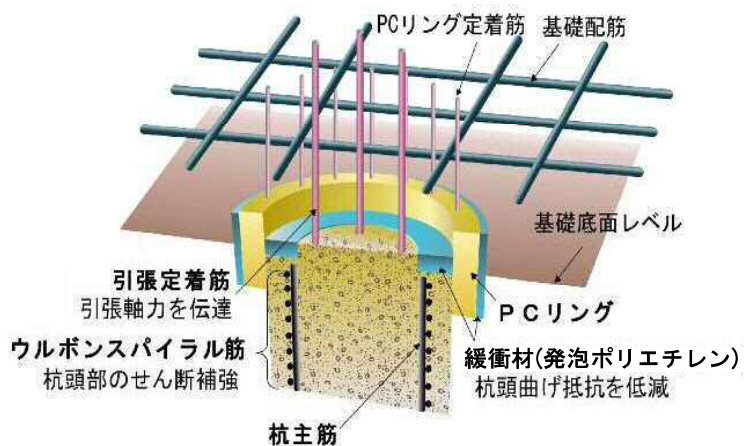
今回、共研として開発・実用化を図る目的は、10社のノウハウを引き出し、オリジナルの「キャプテンパイル工法」をベースに、追加機能を付加し、引抜き力にも抵抗出来、適用範囲も広げ、より合理的な場所打ち杭用杭頭半固定工法を確立することでした。

■ キャプテンパイル工法（略称：CTP工法）概要

コンクリート製のリング（PCリングと呼ぶ）を杭頭に被せ、杭と基礎とを接合する工法です。このPCリングを介して地震時に生じる上部構造からのせん断力を杭に伝達させます。杭頭を半固定状態とすることで、杭頭に集中する地震時の応力が緩和できるため杭材の損傷を軽減できるだけでなく、杭や基礎梁等のコスト低減が図れます。必要に応じて、引張力抵抗用に、杭頭部に引張定着筋を配筋します。



キャプテンパイル工法概念図



■ 適用範囲

・ 本工法を採用する場合の建物についての制限は特にありません。

1. 建物規模（階数・面積）
2. 建物形状（整形・不整形）
3. 構造種別（S 造・RC 造・SRC 造等）

これらについては、何ら制限は設けておりません。

・ 本工法を適用する杭仕様は以下の通りとなっています。

1. 杭種：場所打ち杭 または 場所打ち鋼管コンクリート杭
2. 杭径：800 φ ～ 3000 φ

尚、杭体のコンクリート強度は、 $F_c \geq 21\text{N/mm}^2$ とし、同一建物で、杭頭接合工法として、本工法と在来一般工法を併用することも可能です。

■ 施工手順

標準施工であるシース方式（引張定着筋の設置）につき、①～⑥の手順を示します。



①



②



③



④



⑤



⑥

- ① 杭鉄筋を組立て、引張定着筋用のシースをカゴ筋に挿入する。
- ② 杭鉄筋（シース装着）を落とし込み、杭体のコンクリートを打設する。
- ③ 杭頭部をはつり、所定の杭天端レベルまで整形する。
- ④ PC リングを設置し、P C リング外周面に側面緩衝材を取り付ける。
- ⑤ 杭頭部モルタル・シース内グラウトを打設し、引張定着筋をシースに挿入する。
- ⑥ 杭頭モルタル硬化後、杭頭部絞り用の上面緩衝材を設置する。

本工法の実施に当たっては、「キャプテンパイル協会」が、サポートをします。計画段階から実施に至るまでの様々な検討についてのアドバイスを行ないます。当面は、案件毎の対応になるかと思いますが、近い将来は、準会員としての協会加入を視野に入れており、体制構築を進めています。本工法についてのお問い合わせは、協会事務局まで、お願いいたします。

2006 年 4 月 1 日

キャプテンパイル協会

設計・施工マニュアル改訂にあたって

本工法の一般評定を 2005 年 12 月に日本建築センターより取得してから今日まで施工実績は約 30 件、使用杭本数で約 1000 本に達しました。その間、2007 年度には準会員、賛助会員として下記の 12 社が参画し、キャプテンパイル協会の参加会社は総勢 22 社となりました。

準会員：(株)浅沼組、(株)植木組、大末建設(株)、鉄建建設(株)、東亜建設工業(株)、東急建設(株)、(株)福田組、
(株)穴吹工務店、(株)ナカノフドー建設

賛助会員：(株)富士ピー・エス、宇部興産(株)、(株)伊藤製鐵所

現在の設計・施工マニュアルは日本建築センターの評定図書からの抜粋で構成されており、内容的に説明不足の部分が散見され、当初からマニュアル解説版の発行が望まれていました。今回のマニュアル改訂にあたって設計者および施工者に解りやすい表現とすることを念頭に、本工法の設計・施工両面に対し今日までの使用経験から得られた知見を反映させることとしました。なお、設計法については 2006 年 10 月に「評定報告書（追加資料）」を日本建築センターより取得しましたので、杭頭半固定の評価法をより正確に理解できるようになりました。また、説明上足りない部分には丁寧に解説を加えることとしました。施工法については協会に蓄積された施工改善情報シートの中から一般性がありかつ施工改善につながる工法も取り込みました。

今回の改訂により、「キャプテンパイル工法」を設計者および施工者が充分理解し、本マニュアルが愛用されより良い場所打ち杭の杭頭半固定工法が普及することを希望いたします。

2008 年 10 月 1 日

キャプテンパイル協会

設計・施工マニュアル改訂第3版にあたって

本工法の一般評定を2005年12月に(財)日本建築センターより取得して5年が経過し、評定書の更新を2010年7月に完了しました。

改訂第3版は主に評定更新に伴う変更箇所を取り入れて編集しました。

主な改訂は以下の通りとなっております。

1. 杭頭接合タイプ区分Ⅳ（引張定着筋無し、絞り部無し）は従来キャブリングパイル工法であるが、広義の定義としてCTP工法に包含しておりました。今回の更新ではタイプ区分ⅣもCTP工法として定義されましたので、CTP工法の杭頭接合タイプはⅠ～Ⅳの4タイプとなりました。
2. 杭体コンクリートの設計基準強度 F_c については、評定取得当初の評定書には使用材料としては $21\text{N/mm}^2 \leq F_c$ 、設計基準としては $21\text{N/mm}^2 \leq F_c \leq 36\text{N/mm}^2$ と表記されていましたが、今回の評定更新で使用材料および設計基準いずれも“ $21\text{N/mm}^2 \leq F_c$ （RC規準、JASS5に準ずる）”と訂正されました。従って本改訂版は評定更新後の記述通りとしました。
3. PCリングと杭体との重なり代は杭のせん断力をPCリングからパイルキャップへ伝える上で本工法の重要な役割を持ちます。今回の改訂では重なり代を従来の規定値よりも更に20mm大きく取り、杭頭接合部の力の伝達をより確実なものとなりました。
4. PCリング定着筋の配筋本数、定着長について施工性の向上を図るために詳細な検討を行い見直しました。その成果を今回取り入れた結果、配筋本数、定着長共に従来よりも少なくすることが出来ました。

今回の改訂は評定取得後5年の間に蓄積された本工法の改良・改善を評定更新に反映させた結果を取り入れております。今後ますますキャブテンパイル工法をご採用頂けることを期待しております。

2011年4月1日

キャブテンパイル協会

設計・施工マニュアル改訂第4版発行にあたって

2015年7月、本工法の2回目の一般評定更新が（財）日本建築センターより認証され、これを機に、設計・施工マニュアル第3版を改訂しました。

改訂第4版は評定更新の内容を取り込み編集しました。主な改訂箇所は以下のとおりです。

1. PCリング仕様を見直しました。従来のPCリングは主に工場で製作されていましたが、工場と施工現場どちらでも使える専用型枠を使って製作できるようにしました。
2. 杭頭処理後に設置していた杭頭追加フープは従来1.5巻の単筋フープでしたが、フープの評定が更新され、1巻で良いようになりました。したがって、今後の標準仕様は1巻としました。
3. PCリング下端の空隙を確保し、PCリング内外からのシーsgラウト材やモルタル等の流入を防ぐために、従来はPCリング下端にバックアップ材などを設置し、硬練りモルタルで根巻きを行ってきました。
この方法は雨天時の施工性が悪く工程上のネックとなっていましたが、PCリングの下端に60～80mmの発泡ウレタンを設置し、PCリングの重みで圧縮することでモルタル等の流入を防ぐことができるようになり、今後の標準施工としました。
4. 施工精度管理値の管理項目を一つ減らしました。杭頭レベル（杭頭部モルタル天端）の管理値として、従来PCリング天端からの寸法と下端からの寸法の両方の管理項目があり、重複していました。改訂後は杭体とPCリングの掛かり代を明確に把握できる、PCリング下端からの管理項目のみとしました。
5. PCリング左右の天端レベル差の許容値は、杭径の大小に関わらず一律20mmでしたが、杭径2100φ～3000φの場合を変更しました。変更後の左右の天端レベル差は、杭径800φ～2000φまでは20mm、2100φ～3000φまでは30mmとしました。

キャブテンパイル工法をより使い易い工法にするために、本設計・施工マニュアルについてお気づきの点があれば、ご指摘をお願いいたします。

2016年4月1日

キャブテンパイル協会

設計・施工マニュアル改訂第5版発行にあたって

2020年12月、本工法の一般評定更新（BCJ 評定-FD0230-04）が（財）日本建築センターより認証されました。これを機に、設計・施工マニュアル第4版を改訂しました。

改訂第5版は評定更新の反映を主に取り込み編集しました。主な改訂箇所は以下のとおりです。

1. PCリングの名称を明確にしました。従来の工場製作を「工場PCリング」、現場で製作する場合を「サイトPCリング」としました。両方を総称して「PCリング」と命名しました。
2. 現場で製作するPCリングのコンクリート設計基準強度を新たに定義しました。
3. 場所打ち鋼管コンクリート杭の鋼管天端レベルの定義と、鋼管内のウルボンスパイラル筋の配筋について新たに追記しました。
4. 準拠規準をできるだけ最新版に更新しました。

キャブテンパイル工法の設計、施工の手助けに本マニュアルが活用されることを期待しております。

2021年4月1日

キャブテンパイル協会

設計・施工マニュアル

目 次

1. 工法概要	
1.1 キャプテンパイル工法	1-1
1.2 適用範囲	1-4
1.3 用語	1-5
2. キャプテンパイル工法標準仕様	
2.1 使用材料および材料強度	2-1
2.2 PCリング仕様	2-4
2.3 引張定着筋仕様	2-12
2.4 杭頭部形状・補強仕様	2-15
3. 設計基準	
3.1 一般事項	3-1
3.2 設計方針	3-8
3.3 設計フロー	3-13
3.4 杭頭固定度評価法	3-19
3.5 設計例	3-25
4. 施工基準	
4.1 施工要領	4-1
4.2 施工管理基準	4-14

付 評価書

1. 工法概要

1.1 キャプテンパイル工法

(1) 工法の位置付け

本工法は、2002 年に(財)日本建築センターの評定を取得したキャプリングパイル工法（BCJ 評定：FD0060-01）の拡張タイプであり、杭頭中央部に鉄筋（以下、引張定着筋）を配置することにより杭に生じる引張力に対応した工法である。なお、キャプリングパイル工法とは杭体の配筋仕様が異なる。

杭頭中央部に引抜力の大きさに応じた引張定着筋を円形または矩形に配置し、パイルキャップから杭へ直接引張力を伝達する。なお、引張定着筋を配置しない場合についても本工法の範囲とする。

(2) 工法のタイプ

本工法（キャプテンパイル工法）のタイプを表 1.1.1、図 1.1.1 に示す。

キャプテンパイル工法（略称：CTP 工法）のタイプは引張定着筋の有無、絞り部の有無により異なる。

表 1.1.1 杭頭接合タイプ区分

	I	II	III	IV
引張定着筋	有り	有り	無し	無し
絞り部	有り	無し	有り	無し

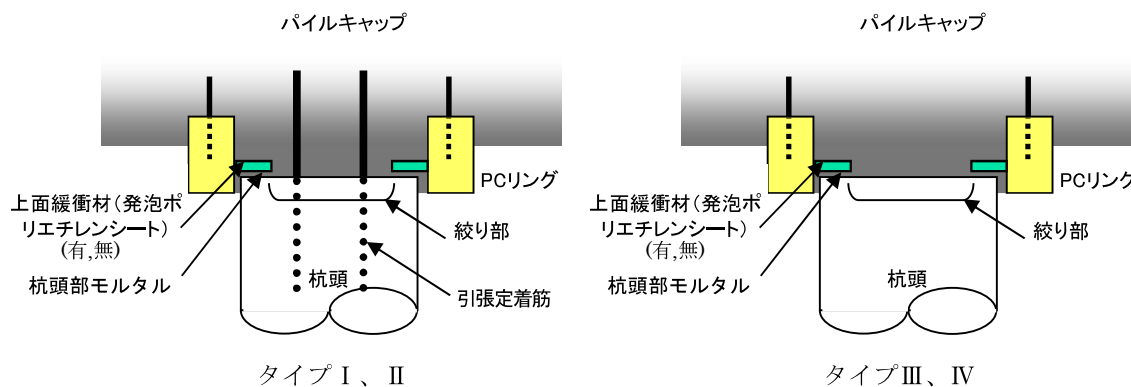


図 1.1.1 工法のタイプ

- ・引張定着筋：杭に引抜力が発生した場合に、パイルキャップから杭へ、この引抜力を伝達する為に杭中央部に配置した鉄筋である。
- ・絞り部：杭天端に環状の発泡ポリエチレンを置くことで杭頭断面を絞り、杭頭の固定度を下げる役割を持つ。

(3) 杭頭接合部の構成要素

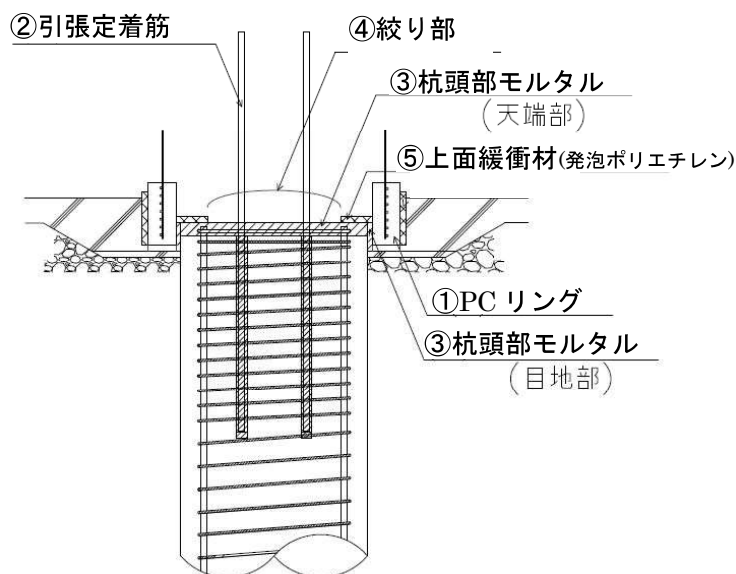


図 1.1.2 構成要素

①PCリング

杭頭部に被せるリング状のコンクリート部材で、杭体と上下方向に重なりを有することにより、杭のせん断力を負担する。

②引張定着筋

杭に作用する引張力に抵抗させるため杭頭の中央部に配置する鉄筋である。施工上、杭体側への定着方法にシース方式と先付方式の2方式がある。パイルキャップ側への定着方法には、継手工法の有無及び定着工法の有無のケースがある。

③杭頭部モルタル

杭頭部のはつり後、杭天端のレベル出しを兼ねた杭天端打設モルタル及びP Cリングと杭体の隙間を埋める目地モルタルがある。

④ 絞り部

杭天端モルタル打設後、上面緩衝材(発泡ポリエチレン)を設置し、杭径断面を杭頭部において縮小させることにより、杭頭の固定度をより低減させる効果がある。絞り部は発泡ポリエチレンを除く内側の縮小部をいう。

⑤上面緩衝材

杭頭断面を絞り杭頭固定度を低減するために、杭上面に設ける環状の発泡ポリエチレン材。

(4) 杭頭接合部の力の伝達仮定

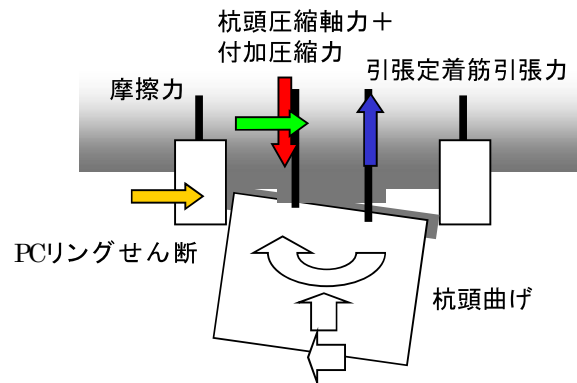


図 1.1.3 力の伝達メカニズム

①軸力

圧縮力はパイルキャップから杭頭接合面を介して杭へ直接伝達される。引張力は引張定着筋によりパイルキャップから杭に伝達される。

②せん断力

杭の負担せん断力は、軸力が引張軸力の場合は全て PC リングで負担するが、圧縮軸力の場合には、PC リングだけではなく、接合面摩擦によってもせん断力が伝達される。

③曲げ

杭頭接合面の付加圧縮力及び引張定着筋の引張力で伝達される。

注) 引張定着筋なしの場合は、以下となる。

① 軸力：圧縮力は杭へ直接伝達

引張力は伝達不可

② せん断：引張定着筋ありの場合と同じ

③ 曲げ：杭頭接合面の圧縮力及び付加圧縮力でパイルキャップへ伝達

1.2 適用範囲

- (1) 工法を採用する場合の建物についての制限は特にない。すなわち、
1. 建物規模（階数・面積）
 2. 建物形状（整形・不整形）
 3. 構造種別（S 造・RC 造・SRC 造等）
- については何ら制限を設けない。
- (2) 本工法は杭頭を半固定とするものであり、杭頭曲げモーメントが発生する。従って、杭頭の曲げ戻しによるモーメントを処理できる部材（基礎梁等）を配置する必要がある。
- (3) 本工法を適用する杭仕様は以下の通りである。
1. 杭種：場所打ちコンクリート杭 または 場所打ち鋼管コンクリート杭
 2. 杭径：800φ～3000φ（杭体のコンクリート設計基準強度： $F_c \geq 21 \text{ N/mm}^2$ ）
- (4) 同一建物の杭頭工法として、本工法と在来一般工法の併用は可能とする。
- ※ 在来一般工法とは、杭頭鉄筋等をパイルキャップへ定着させた杭頭接合法及びこれに類する工法を言う。

1.3 用 語

- ・ 固 定 度 : 杭頭の曲げモーメントによる回転拘束度を示す係数であり、杭頭固定時の曲げモーメントに対する比率を示す。固定度に応じ 0.0 から 1.0 の値を示し、杭頭曲げ完全固定、杭頭ピンの値はそれぞれ 1.0、0.0 とする。
- ・ 杭頭回転ばね : 杭頭曲げモーメントに抵抗する回転ばねをいい、杭、P C リング、パイルキャップなどの剛性を考慮して算定される。
- ・ P C リング : 杭頭に装着される薄肉の部材をいう。この部材は、薄肉のコンクリート、鋼板リング、定着筋などで構成される。工場で製作する場合は「工場 P C リング」、現場で製作する場合は「サイト P C リング」と呼ぶ。
- ・ P C リング定着筋 : P C リングに組み込まれた定着筋を言う。鉄筋径および本数は杭径毎に決められている。
- ・ 鋼板リング : P C リングの内径側面に密着している円形の鋼板をいう。P C リングの靱性、耐力を確保するために用いている。
- ・ 場所打ちコンクリート杭 : あらかじめ地盤中に掘孔された孔内に鉄筋かごを挿入した後、コンクリートを打設して、現場において造成される杭。
- ・ 場所打ち鋼管コンクリート杭 : 場所打ちコンクリート杭に鋼管を打ち込んで、現場において造成される杭。
- ・ 引張定着筋 : 杭頭とパイルキャップに定着された鉄筋で、引抜きと曲げに抵抗する。
- ・ 杭頭接合部 : 絞りの有無に関わらず、杭とパイルキャップが接する接合部を表す。
- ・ 絞り部 : 杭頭接合部において、緩衝材(発泡ポリエチレン)に囲まれ、杭頭が絞られた部分。
- ・ 絞り係数 (ν) : $\nu = (Dt/D)$ Dt : 杭頭部絞り部の直径、 D : 杭体断面の直径。
- ・ 上面緩衝材 : 杭頭固定度を低減するために杭上面に設ける発泡ポリエチレン材。
- ・ 側面緩衝材 : P C リング側面とパイルキャップとの縁を切るために P C リング側面に設ける発泡ポリエチレン材。
- ・ 下端緩衝材 : P C リング下端の空隙にシースグラウト材やモルタル等の流入を防ぐために設置された発泡ウレタン材。
- ・ 束ねフープ : 杭体のせん断補強筋で、束ねたウルボンスパイラル。

2. キャプテンパイル工法標準仕様

2.1 使用材料および材料強度

(1) 使用材料

a. 基礎部コンクリート

杭頭接合部と建物を連結する基礎部コンクリートは、設計基準強度 $F_c \geq 21 \text{ N/mm}^2$ とする。

b. 杭体コンクリート

杭は、設計基準強度 $F_c \geq 21 \text{ N/mm}^2$ (RC 規準、JASS5 に準ずる) とする。

c. PC リング

①コンクリート：設計基準強度 $F_c \geq 36 \text{ N/mm}^2$

(現場製作の場合、基礎の設計基準強度以上かつ 21 N/mm^2 以上)

②定着筋：SD390 (D13～D19)：JIS G 3112 鉄筋コンクリート用棒鋼 適合品とする。

③スパイラル筋：ウルボンスパイラル筋(SBPD1275/1420)：建築基準法第 37 条第二号の規定による指定建築材料の大臣認定品(認定番号：MSRB-9009)。

④鋼板：SS400：JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材 適合品または同等以上。

SM490：JIS G 3106 溶接構造用圧延鋼材 適合品または同等以上。

d. 杭頭接合部

①引張定着筋：SD390, SD490

JIS G 3112 鉄筋コンクリート用棒鋼 適合品

：SD685

建築基準法第 37 条第二号の規定による指定建築材料の大臣認定品

②杭頭部モルタル：圧縮強度 36 N/mm^2 、かつ杭体コンクリートとパイルキャップの設計基準強度のうち小さい方を上回る値以上

③シースグラウト材：圧縮強度 36 N/mm^2 以上(無収縮高強度モルタル)

④杭体打込み用シース：スパイラルシース #1000 (普通鋼板 $t \leq 0.8 \text{ mm}$)

(JIS G 3302 亜鉛メッキ鋼板及びこれに類する材料を使用)

⑤定着筋継手工法：機械式継手、モルタル充填式継手(注 1 参照)

⑥定着筋定着工法：定着板型定着(注 2 参照)

注 1) パイルキャップ側に定着する引張定着筋を途中で継ぐために用いる鉄筋継手工法として、機械式継手、モルタル充填式継手を用いるものである。いずれも、評定取得工法もしくは技術審査証明取得工法に限定する。

注 2) パイルキャップ側に定着する引張定着筋の定着として定着板型定着工法を用いるものである。定着金物の形状、鉄筋への取付け方法等により数種の工法が実用化されているが、採用は評定取得工法もしくは技術審査証明取得工法に限定する。

(2) 材料強度

a. コンクリート

表2.1.1 コンクリートの材料強度

平成12年建設省告示1450号による (N/mm²)

	圧縮	せん断	付着
普通 コンクリート	F_c	$F_c/10$ かつ $3 \times (0.49 + F_c/100)$	$3F_c/10$ かつ $3 \times (1.35 + F_c/25)$

ただし F_c は設計基準強度

b. 鋼材

表 2.1.2 鋼材の材料強度

建築基準法第96号による (N/mm²)

圧縮	引張	せん断	付着
F	F	F	$F/\sqrt{3}$

ただし F は基準強度

c. 鉄筋

表 2.1.3 鉄筋の材料強度

建築基準法施行令第96条、平成13年国土交通省告示第1024号による (N/mm²)

	圧縮	引張	
		せん断補強筋以外に用いる場合	せん断補強筋に用いる場合
異形鉄筋	F	F	F (当該数値が490を 超える場合は490)

ただし F は基準強度

(3) 基準強度

a. 鋼材

表 2.1.4 鋼材の基準強度

平成12年建設省告示第2464号による (N/mm²)

種類			基準強度
鋼材	SS400	板厚が40mm以下	235
	SM490	板厚が40mm以下	325

鋼材の材料強度の基準強度は、表中の数値とする。

b. 鉄筋

表 2.1.5 鉄筋の基準強度

平成12年建設省告示2464号、平成13年国土交通省告示第1024号 による (N/mm²)

種類		基準強度
異形鉄筋	SD295A	295
	SD345	345
	SD390	390
	SD490	490
	SD685	685
ウルボン筋	SBPD1275/1420	1275

異形鉄筋の材料強度の基準強度は、表中の数値とする。

異形鉄筋SD685、ウルボン筋の材料強度の基準強度は、建築基準法第37条第二号の規定による指定建築材料の大臣認定品の数値とする。

(4) 許容応力度

a. コンクリート

① 基礎およびP Cリング

表 2.1.6 コンクリートの許容応力度（基礎およびPCリング）

建築基準法施行令第91条，平成12年建設省告示第1450号による（N/mm²）

長期				短期			
圧縮	引張	せん断	付着	圧縮	引張	せん断	付着
$F_c/3$	$F_c/30$ かつ $0.49+F_c/100$		$F_c/10$ かつ $1.35+F_c/25$	長期の 2倍			

F_c は設計基準強度

② 杭体

表 2.1.7 コンクリートの許容応力度（杭体）

平成13年建設省告示第1113号第8第一号による（N/mm²）

	長期			短期		
	圧縮	せん断	付着	圧縮	せん断	付着
掘削時に水、 泥水を使用 しない場合	$F_c/4$	$F_c/40$ 又は $3/4 \times (0.49+F_c/100)$ のうちいずれか小さい数値	$3F_c/40$ 又は $3/4 \times (1.35+F_c/25)$ のうちいずれか小さい数値	長期の 2倍	長期の 1.5倍	
上記以外	$F_c/4.5$ 又は 6のうち いずれか小 さい数値	$F_c/45$ 又は $3/4 \times (0.49+F_c/100)$ のうちいずれか小さい数値	$F_c/15$ 又は $3/4 \times (1.35+F_c/25)$ のうちいずれか小さい数値	長期の 2倍	長期の 1.5倍	

F_c は設計基準強度

b. 鋼材

表 2.1.8 鋼材の許容応力度

建築基準法施行令第90条による（N/mm²）

長期				短期
圧縮	引張	曲げ	せん断	
$F/1.5$	$F/1.5$	$F/1.5$	$F/1.5\sqrt{3}$	長期の 1.5倍

c. 鉄筋

表 2.1.9 鉄筋の許容応力度

建築基準法施行令第90条，平成13年国土交通省告示1024号による（N/mm²）

種類	長期			短期		
	圧縮	引張		圧縮	引張	
		せん断補強筋 以外に用いる 場合	せん断補強筋 に用いる場合		せん断補強筋 以外に用いる 場合	せん断補強筋 に用いる場合
SD295A	195	195	195	295	295	295
SD345	215(195)	215(195)	195	345	345	345
SD390	215(195)	215(195)	195	390	390	390
SD490	215(195)	215(195)	195	490	490	490
SD685	215	215	—	685	685	—
SBPD1275 /1420	—	—	290	—	—	585

注1) () 内は鉄筋径が28mmを超えるもの。

注2) 杭体用のウルボン、P Cリング用のウルボン認定番号とは異なり、「MSRB-0024」である。

2.2 PCリング仕様

(1) PCリング概要

PCリングの形状はリング状であり、PCリングのサイズは杭種および杭径に合わせて用意されている。対応する杭径は800φ～3000φで、杭径ごとに許容せん断力の異なる3種類（N、S1、S2）がある。

PCリングは、主にコンクリートで構成されており、断面内には高強度せん断補強筋、PCリング内側には鋼板リングが設置されており、高いせん断耐力と靱性を確保している。また、PCリングから上方に向けて定着筋が配筋され、基礎と一体化する。PCリングの製作は、原則として工場製造とするが、現場製造も可能である。

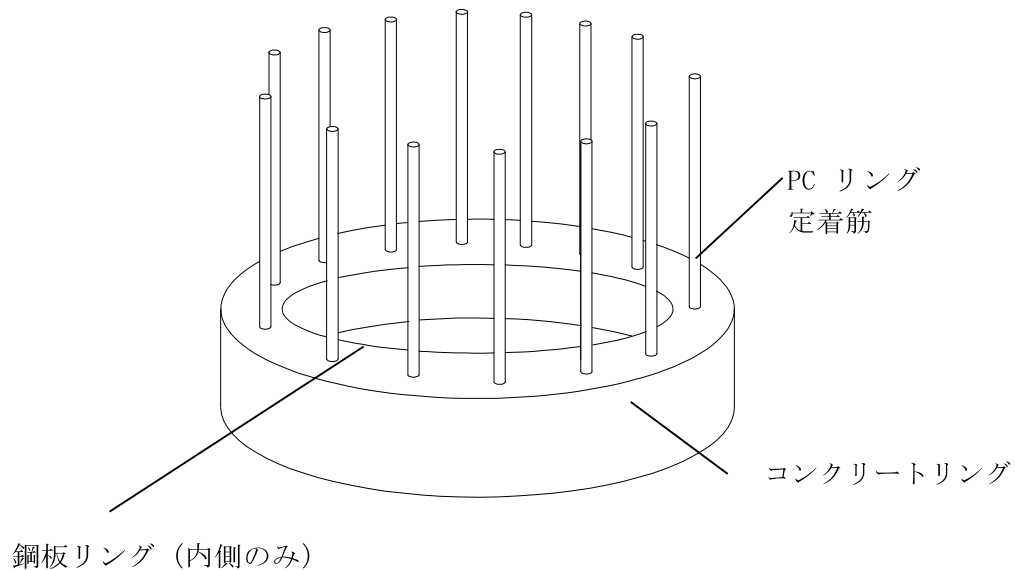


図 2.2.1 PCリング概要

(2) PCリングのせん断抵抗力

PCリングのせん断抵抗力 Q_a は、図2.2.2 示すように杭頭せん断力を受ける加力前面のせん断抵抗力 R_a と加力側面のせん断抵抗力 R_b に分けて算定した和とする。

$$Q_a = R_a + R_b$$

式 2.2.1

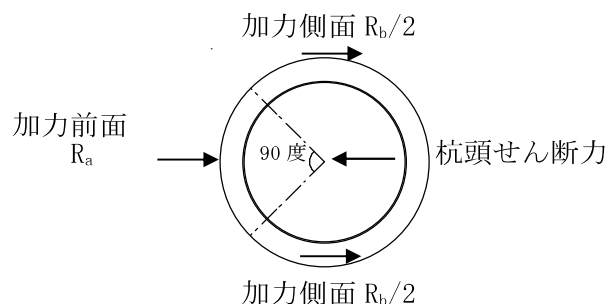


図 2.2.2 PCリングのせん断抵抗力

①加力前面のせん断抵抗力 R_a

加力前面の部分は円弧形であるが、図2.2.3に示すように円弧の中心線を長辺とする等価な矩形断面に置き換え、式2.2.2で R_a を算定する。

右辺第一項はP Cリング定着筋による水平抵抗力を、右辺第二項は鋼板リングのせん断抵抗力を表す。

$$R_a = n_a \cdot \min[T_y, T_{b1}, T_{b2}, T_c] \cdot (d - X_n/3) / H_a + 0.5 \tau_p \cdot B_p \cdot t_s \quad \text{式 2.2.2}$$

記号	n_a	: 加力前面のP Cリング定着筋本数
	T_y	: 定着筋の短期許容引張力
	T_{b1}	: 定着筋のP Cリング内短期許容付着力
	T_{b2}	: 定着筋のパイルキャップ内短期許容付着力
	T_c	: パイルキャップコンクリート圧縮応力度が短期許容値に達する時の引張力
	d	: コンクリート圧縮縁から定着筋中心までの距離
	X_n	: コンクリート圧縮縁から中立軸までの距離
	H_a	: P Cリングせい
	τ_p	: 鋼板リングの短期許容せん断応力度
	B_p	: 加力前面における鋼板リングの弧長
	t_s	: 鋼板リング板厚

右辺第二項の0.5は、鋼板リングのせん断応力が図2.2.5示すように三角形に分布すると仮定した補正係数である。

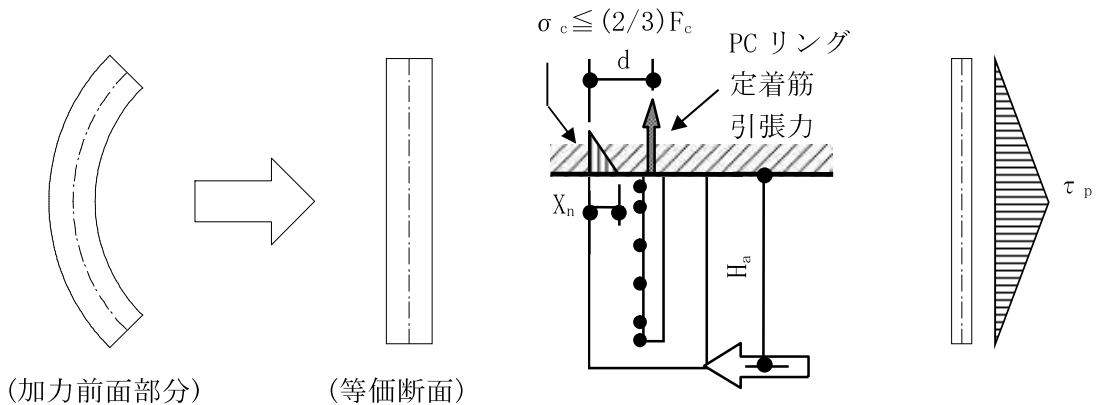


図 2.2.3 加力前面の等価断面置換

図 2.2.4 第一項

図 2.2.5 第二項

②加力側面のせん断抵抗力 R_b

加力側面では、杭体からの水平力が鋼板リング及びスパイラル筋の引張力で側面に伝達 (R_{b1}) した後、P Cリング定着筋及びP Cリング内コンクリートのせん断によってパイルキャップへ伝達 (R_{b2}) されるとし、両者のうち小さな値を R_b とする。

$$R_b = \min[R_{b1}, R_{b2}] \quad \text{式 2.2.3}$$

$$R_{b1} = 2 (\sigma_p \cdot t_s \cdot H_s + N_u \cdot \sigma_u \cdot a_u) \quad \text{式 2.2.4}$$

$$R_{b2} = 1.65a_d \sqrt{\sigma_B \cdot \sigma_y} / 1.5 + (3/4) \tau_c \cdot A_c \quad \text{式 2.2.5}$$

- 記号 σ_p : 鋼板リングの短期許容引張応力度
 H_s : PCリングと杭頭との重なり長さ（孔を除く）
 N_u : H_s 範囲におけるウルボンスパイラル筋量
 σ_u : ウルボンスパイラル筋の応力度（鋼板リング短期許容応力度 σ_p と同じとする）
 a_u : ウルボンスパイラル筋の断面積
 a_d : 加力側面の PC リング定着筋の全断面積
 σ_B : PC リングコンクリートの設計基準強度とパイルキャップコンクリートの設計基準強度のうち小さい値
 σ_y : 定着筋の短期許容引張応力度
 τ_c : パイルキャップコンクリートの短期許容せん断応力度
 A_c : PC リング内径を直径とする円の面積

式 2.2.5 の 3/4 は形状係数である。

なお、終局時圧縮軸力側杭体の場合は、コンクリートの接合摩擦抵抗（ $\mu \cdot N$ ）を R_{b1} に加算することができる。

- μ : コンクリートの摩擦係数で 0.1 とする
 N : 終局時圧縮軸力

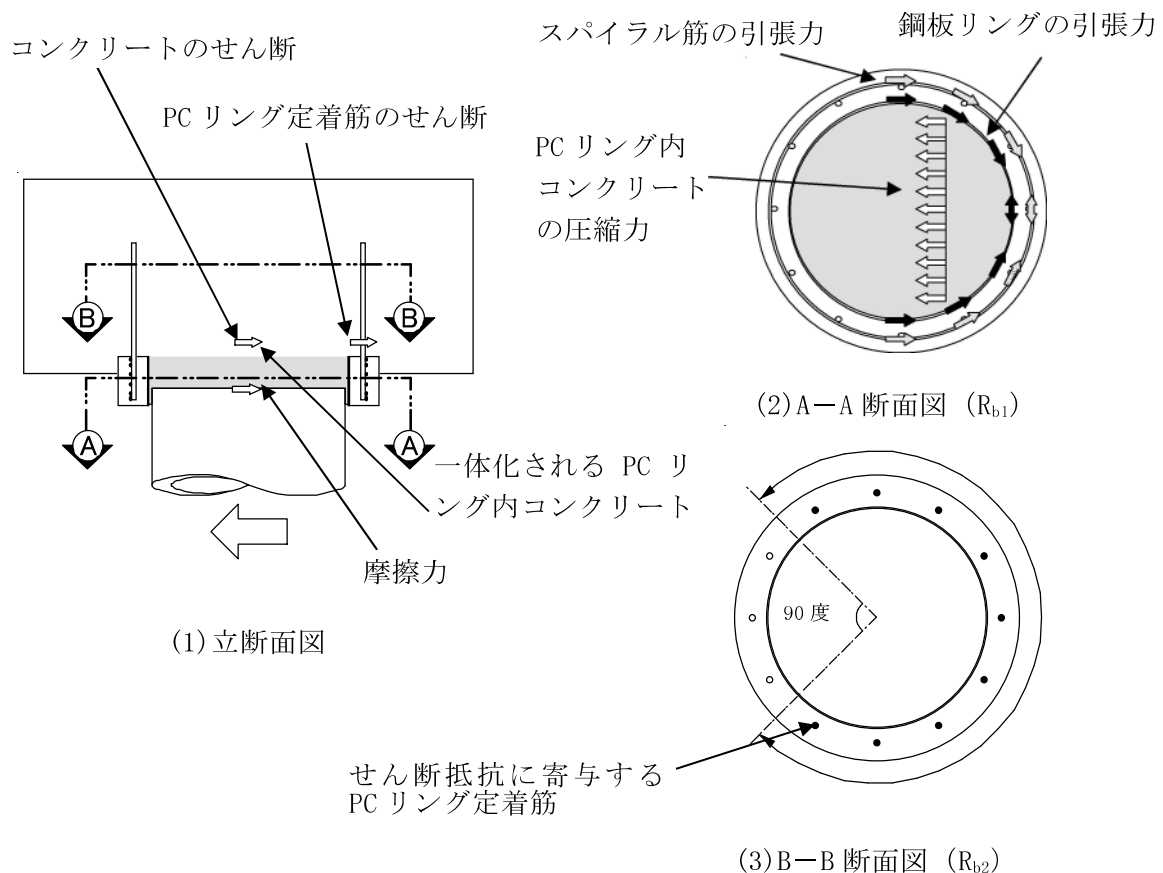


図 2.2.6 R_b の評価モデル

(3) P C リングの長期許容せん断力の算定

P C リングの長期許容せん断力 ${}_LQ_a$ は、式 2.2.6 に示すように P C リングのせん断抵抗力 Q_a の 1/2 とする。これは、多くの P C リングでは R_a がコンクリートの圧縮で決まっていること、及びウルボンスパイラル筋の認定によれば短期許容／長期許容 = 585/290 ≒ 2.0 であることによる。

$${}_LQ_a = (R_a + R_b) / 2.0 \quad \text{式 2.2.6}$$

(4) P C リングの短期許容せん断力の算定

P C リングの短期許容せん断力 ${}_sQ_a$ は式 2.2.7 に示すように P C リングのせん断抵抗力 Q_a とする。

$${}_sQ_a = R_a + R_b \quad \text{式 2.2.7}$$

(5) P C リングの終局せん断耐力の算定

終局時のせん断耐力は、式 2.2.2～5 において、鋼板リング及び P C リング定着筋では短期許容引張応力度を引張強度に、コンクリートは短期許容応力度を設計基準強度に、ウルボンスパイラル筋の引張応力度を降伏点強度に読み替え、式 2.2.7 の第一項を 1.5 倍して算定する。上記によって算定した R_a を R_a' 、 R_b を R_b' とおくと、式 2.2.8 で表現できる。

$${}_uQ_r = R_a' + R_b' \quad \text{式 2.2.8}$$

なお、終局時に圧縮軸力を受ける杭頭においては、式 2.2.9 に示すように杭頭の摩擦を考慮しても良い。

$${}_uQ_r = R_a' + \min[R_{b1}' + \mu \cdot N, R_{b2}'] \quad \text{式 2.2.9}$$

※PC リングの終局せん断耐力についての補足説明

本工法でいう PC リングのせん断抵抗力は、PC リングが有するせん断抵抗力だけでなく、PC リング上端レベルからパイルキャップへ伝達可能な抵抗力を考慮しているので、PC リングを含んだ接合部のせん断抵抗力に対応している。したがって、終局時に加算できる杭ーコンクリート間の摩擦抵抗によって、PC リングの終局せん断耐力は設計上高めることができるが、接合部の最大せん断抵抗力である式 2.2.9 の最大値を越えることはできない。以上から、PC リングの終局せん断耐力値には、短期時と同様に摩擦を無視した最小値と上述した最大値の 2 つがあり、設計では式 2.2.8 を用いる。なお、摩擦係数はせん断における軸圧縮の効果^{*1}を参考に 0.1 としている。

*1 広沢他：軸力を受ける鉄筋コンクリート部材の強度と粘り（その 2 既往の資料に関する検討）、日本建築学会大会、1971. 11

(6) P C リング仕様一覧

表 2.2.1 P C リング仕様 (標準N)

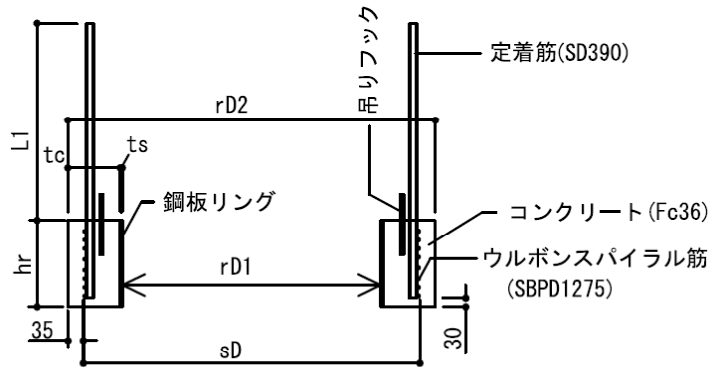
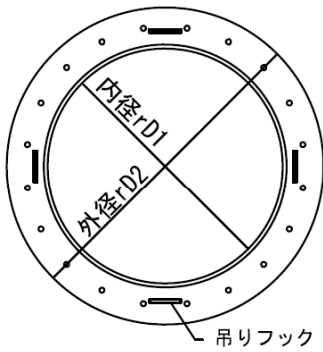
杭径 (mm)	タイプ	PCリング		PCa		鋼鉄リング		スパイラル筋		定着筋		質量 (kg)
		内径 rD1(mm)	外径 rD2(mm)	厚さ (mm)	せい (mm)	肉厚 (mm)	材質	径 (mm)	巻き数	配筋	定着長 (mm)	
800	800-N	900	1152	120	200	6.0	SS400	9.0	8巻	10-D16	350	234
900	900-N	1000	1252	120	200	6.0	SS400	9.0	8巻	10-D16	350	256
1000	1000-N	1100	1352	120	200	6.0	SS400	9.0	8巻	12-D16	350	280
1100	1100-N	1200	1452	120	200	6.0	SS400	9.0	8巻	12-D16	350	299
1200	1200-N	1300	1552	120	200	6.0	SS400	9.0	8巻	12-D16	350	321
1300	1300-N	1400	1652	120	200	6.0	SS400	9.0	8巻	14-D16	350	345
1400	1400-N	1500	1752	120	200	6.0	SS400	10.7	8巻	14-D16	350	367
1500	1500-N	1600	1852	120	200	6.0	SS400	10.7	8巻	16-D16	350	390
1600	1600-N	1700	1958	120	200	9.0	SM490A	10.7	8巻	16-D19	400	449
1700	1700-N	1800	2058	120	200	9.0	SM490A	10.7	8巻	18-D19	400	474
1800	1800-N	1900	2158	120	200	9.0	SM490A	10.7	8巻	18-D19	400	498
1900	1900-N	2000	2258	120	200	9.0	SM490A	10.7	8巻	20-D19	400	524
2000	2000-N	2100	2358	120	200	9.0	SM490A	10.7	8巻	20-D19	400	548
2100	2100-N	2200	2518	150	250	9.0	SM490A	10.7	10巻	22-D19	400	859
2200	2200-N	2300	2618	150	250	9.0	SM490A	10.7	10巻	22-D19	400	895
2300	2300-N	2400	2718	150	250	9.0	SM490A	10.7	10巻	24-D19	400	932
2400	2400-N	2500	2824	150	250	12.0	SM490A	10.7	10巻	24-D19	400	1024
2500	2500-N	2600	2924	150	250	12.0	SM490A	10.7	10巻	26-D19	400	1063
2600	2600-N	2700	3024	150	250	12.0	SM490A	10.7	10巻	26-D19	400	1101
2700	2700-N	2800	3132	150	250	16.0	SM490A	12.6	10巻	28-D19	400	1224
2800	2800-N	2900	3232	150	250	16.0	SM490A	12.6	10巻	28-D19	400	1265
2900	2900-N	3000	3332	150	250	16.0	SM490A	12.6	10巻	30-D19	400	1307
3000	3000-N	3100	3432	150	250	16.0	SM490A	12.6	10巻	30-D19	400	1348

表 2.2.2 P C リング仕様 (S1)

杭径 (mm)	タイプ	PCリング		PCa		鋼鉄リング		スパイラル筋		定着筋		質量 (kg)
		内径 rD1(mm)	外径 rD2(mm)	厚さ (mm)	せい (mm)	肉厚 (mm)	材質	径 (mm)	巻き数	配筋	定着長 (mm)	
800	800-S1	900	1152	120	200	6.0	SS400	12.6	8巻	10-D16	350	234
900	900-S1	1000	1252	120	200	6.0	SS400	12.6	8巻	10-D16	350	256
1000	1000-S1	1100	1352	120	200	6.0	SS400	12.6	8巻	12-D16	350	280
1100	1100-S1	1200	1458	120	200	9.0	SM490A	12.6	8巻	12-D16	350	327
1200	1200-S1	1300	1558	120	200	9.0	SM490A	12.6	8巻	12-D16	350	351
1300	1300-S1	1400	1658	120	200	9.0	SM490A	12.6	8巻	14-D16	350	377
1400	1400-S1	1500	1758	120	200	9.0	SM490A	12.6	8巻	14-D16	350	401
1500	1500-S1	1600	1858	120	200	9.0	SM490A	12.6	8巻	16-D16	350	427
1600	1600-S1	1700	1964	120	200	12.0	SM490A	12.6	8巻	16-D19	400	487
1700	1700-S1	1800	2064	120	200	12.0	SM490A	12.6	8巻	18-D19	400	515
1800	1800-S1	1900	2164	120	200	12.0	SM490A	12.6	8巻	18-D19	400	542
1900	1900-S1	2000	2264	120	200	12.0	SM490A	12.6	8巻	20-D19	400	569
2000	2000-S1	2100	2364	120	200	12.0	SM490A	12.6	8巻	20-D19	400	596
2100	2100-S1	2200	2524	150	250	12.0	SM490A	12.6	10巻	22-D19	400	921
2200	2200-S1	2300	2624	150	250	12.0	SM490A	12.6	10巻	22-D19	400	960
2300	2300-S1	2400	2724	150	250	12.0	SM490A	12.6	10巻	24-D19	400	1000
2400	2400-S1	2500	2838	150	250	19.0	SM490A	12.6	10巻	24-D19	400	1189
2500	2500-S1	2600	2938	150	250	19.0	SM490A	12.6	10巻	26-D19	400	1235
2600	2600-S1	2700	3038	150	250	19.0	SM490A	12.6	10巻	26-D19	400	1279
2700	2700-S1	2800	3144	150	250	22.0	SM490A	12.6	10巻	28-D19	400	1382
2800	2800-S1	2900	3244	150	250	22.0	SM490A	12.6	10巻	28-D19	400	1428
2900	2900-S1	3000	3344	150	250	22.0	SM490A	12.6	10巻	30-D19	400	1476
3000	3000-S1	3100	3444	150	250	22.0	SM490A	12.6	10巻	30-D19	400	1522

表 2.2.3 P C リング仕様 (S2)

杭径 (mm)	タイプ	PCリング		PCa		鋼板リング		スパイラル筋		定着筋		質量 (kg)
		内径 rD1(mm)	外径 rD2(mm)	厚さ (mm)	せい (mm)	肉厚 (mm)	材質	径 (mm)	巻き数	配筋	定着長 (mm)	
800	800-S2	900	1158	120	200	9.0	SM490A	12.6	8巻	10-D16	350	255
900	900-S2	1000	1258	120	200	9.0	SM490A	12.6	8巻	10-D16	350	280
1000	1000-S2	1100	1358	120	200	9.0	SM490A	12.6	8巻	12-D16	350	306
1100	1100-S2	1200	1464	120	200	12.0	SM490A	12.6	8巻	12-D16	350	355
1200	1200-S2	1300	1564	120	200	12.0	SM490A	12.6	8巻	12-D16	350	382
1300	1300-S2	1400	1664	120	200	12.0	SM490A	12.6	8巻	14-D16	350	410
1400	1400-S2	1500	1764	120	200	12.0	SM490A	12.6	8巻	14-D16	350	436
1500	1500-S2	1600	1864	120	200	12.0	SM490A	12.6	8巻	16-D16	350	464
1600	1600-S2	1700	1972	120	200	16.0	SM490A	12.6	8巻	16-D19	400	539
1700	1700-S2	1800	2072	120	200	16.0	SM490A	12.6	8巻	18-D19	400	570
1800	1800-S2	1900	2172	120	200	16.0	SM490A	12.6	8巻	18-D19	400	599
1900	1900-S2	2000	2272	120	200	16.0	SM490A	12.6	8巻	20-D19	400	630
2000	2000-S2	2100	2372	120	200	16.0	SM490A	12.6	8巻	20-D19	400	659
2100	2100-S2	2200	2538	150	250	19.0	SM490A	12.6	10巻	22-D19	400	1068
2200	2200-S2	2300	2638	150	250	19.0	SM490A	12.6	10巻	22-D19	400	1113
2300	2300-S2	2400	2738	150	250	19.0	SM490A	12.6	10巻	24-D19	400	1160
2400	2400-S2	2500	2844	150	250	22.0	SM490A	12.6	10巻	24-D19	400	1260
2500	2500-S2	2600	2944	150	250	22.0	SM490A	12.6	10巻	26-D19	400	1313
2600	2600-S2	2700	3044	150	250	22.0	SM490A	12.6	10巻	26-D19	400	1356
2700	2700-S2	2800	3150	150	250	25.0	SM490A	12.6	10巻	28-D19	400	1462
2800	2800-S2	2900	3250	150	250	25.0	SM490A	12.6	10巻	28-D19	400	1510
2900	2900-S2	3000	3350	150	250	25.0	SM490A	12.6	10巻	30-D19	400	1561
3000	3000-S2	3100	3450	150	250	25.0	SM490A	12.6	10巻	30-D19	400	1609



※rD2：専用型枠厚さを含まない

表 2.2.4 P Cリングの長期・短期許容せん断力比較

杭径 (mm)	長期許容せん断力 (kN)			短期許容せん断力 (kN)			許容せん断力比	
	N	S 1	S 2	N	S 1	S 2	S1/N	S2/N
800	310	350	670	620	710	1340	1.15	2.16
900	320	370	700	650	740	1410	1.14	2.17
1000	340	380	730	680	770	1470	1.13	2.16
1100	350	770	980	710	1540	1970	2.17	2.77
1200	370	800	1030	750	1610	2060	2.15	2.75
1300	390	830	1070	780	1670	2150	2.14	2.76
1400	420	870	1120	850	1740	2240	2.05	2.64
1500	440	900	1160	880	1800	2320	2.05	2.64
1600	900	1200	1560	1800	2410	3130	1.34	1.74
1700	930	1250	1620	1860	2500	3250	1.34	1.75
1800	960	1290	1680	1930	2590	3370	1.34	1.75
1900	990	1330	1740	1990	2670	3480	1.34	1.75
2000	1030	1380	1800	2060	2760	3600	1.34	1.75
2100	1140	1530	2340	2290	3070	4680	1.34	2.04
2200	1180	1580	2410	2360	3160	4820	1.34	2.04
2300	1210	1620	2470	2420	3240	4950	1.34	2.05
2400	1620	2540	2920	3240	5090	5850	1.57	1.81
2500	1660	2610	3000	3330	5230	6010	1.57	1.80
2600	1710	2680	3080	3420	5370	6170	1.57	1.80
2700	2340	3160	3570	4680	6320	7150	1.35	1.53
2800	2400	3240	3660	4800	6490	7330	1.35	1.53
2900	2460	3320	3760	4920	6650	7520	1.35	1.53
3000	2520	3400	3850	5040	6810	7700	1.35	1.53

※ パイルキャップの設計基準強度 $F_c=21\text{N/mm}^2$ の場合

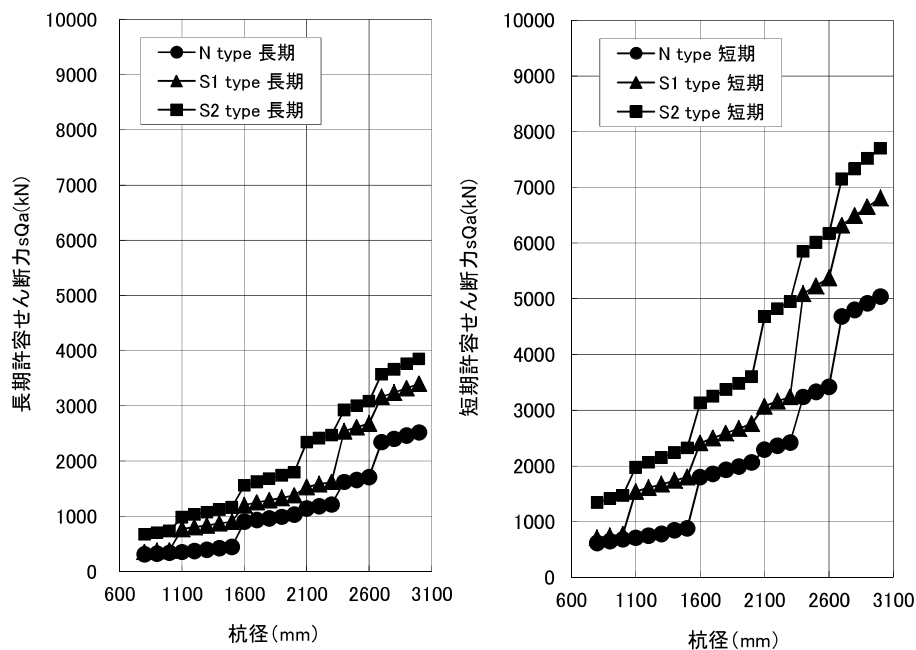


図 2.2.7 P Cリングの許容せん断力

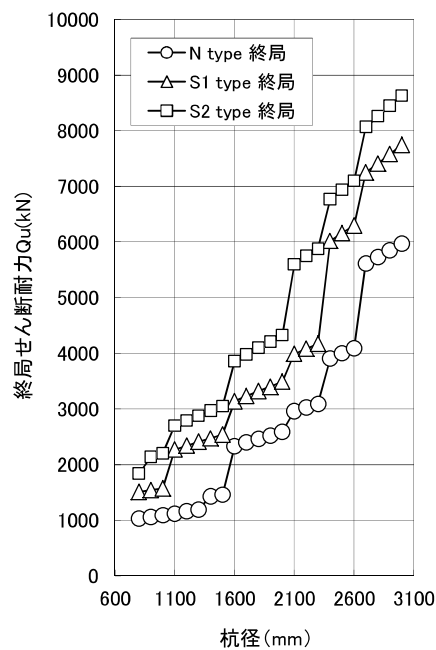
表 2.2.5 PCリングの終局せん断耐力比較

杭径 (mm)	N					S1					S2				
	R_a'	R_{b1}'	R_{b2}'	摩擦 無視	摩擦 考慮 上限	R_a'	R_{b1}'	R_{b2}'	摩擦 無視	摩擦 考慮 上限	R_a'	R_{b1}'	R_{b2}'	摩擦 無視	摩擦 考慮 上限
800	295	738	1240	1030	1530	296	1218	1240	1510	1530	605	1474	1240	1840	1840
900	328	738	1475	1060	1800	330	1218	1475	1540	1800	673	1474	1475	2140	2140
1000	358	738	1764	1090	2120	360	1218	1764	1570	2120	735	1474	1764	2200	2490
1100	391	738	2049	1120	2430	802	1474	2049	2270	2850	1068	1640	2049	2700	3110
1200	424	738	2358	1160	2780	870	1474	2358	2340	3220	1158	1640	2358	2790	3510
1300	457	738	2751	1190	3200	938	1474	2751	2410	3680	1247	1640	2751	2880	3990
1400	491	945	3110	1430	3600	1005	1474	3110	2470	4110	1337	1640	3110	2970	4440
1500	521	945	3523	1460	4040	1067	1474	3523	2540	4590	1420	1640	3523	3050	4940
1600	1132	1201	4089	2330	5220	1508	1640	4089	3140	5590	2009	1860	4089	3860	6090
1700	1199	1201	4608	2400	5800	1598	1640	4608	3230	6200	2129	1860	4608	3980	6730
1800	1267	1201	5066	2460	6330	1688	1640	5066	3320	6750	2248	1860	5066	4100	7310
1900	1328	1201	5591	2520	6910	1769	1640	5591	3400	7350	2357	1860	5591	4210	7940
2000	1396	1201	6098	2590	7490	1859	1640	6098	3490	7950	2477	1860	6098	4330	8570
2100	1460	1505	6716	2960	8170	1945	2054	6716	3990	8660	3079	2531	6716	5600	9790
2200	1527	1505	7272	3030	8790	2034	2054	7272	4080	9300	3220	2531	7272	5750	10490
2300	1588	1505	7897	3090	9480	2116	2054	7897	4170	10010	3350	2531	7897	5880	11240
2400	2204	1709	8503	3910	10700	3491	2531	8503	6020	11990	4044	2735	8503	6770	12540
2500	2294	1709	9219	4000	11510	3632	2531	9219	6160	12850	4207	2735	9219	6940	13420
2600	2383	1709	9875	4090	12250	3773	2531	9875	6300	13640	4371	2735	9875	7100	14240
2700	3287	2327	10598	5610	13880	4521	2735	10598	7250	15110	5140	2940	10598	8070	15730
2800	3406	2327	11303	5730	14700	4684	2735	11303	7410	15980	5326	2940	11303	8260	16620
2900	3525	2327	12119	5850	15640	4848	2735	12119	7580	16960	5511	2940	12119	8450	17620
3000	3644	2327	12873	5970	16510	5011	2735	12873	7740	17880	5697	2940	12873	8630	18560

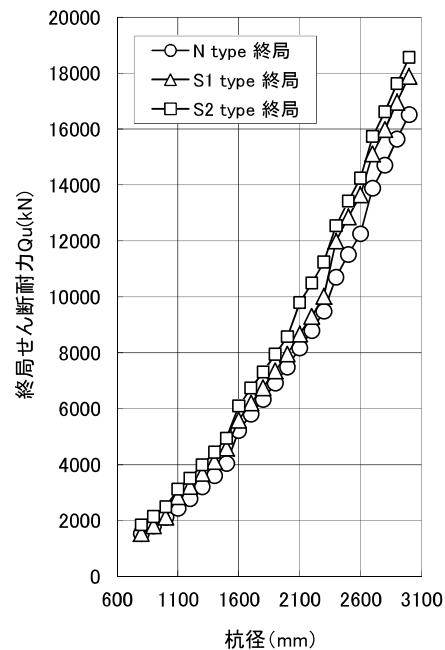
※1 通常は「摩擦無視」を用いる。

終局時圧縮軸力を受ける杭頭では式 2.2.9 を使い、「摩擦考慮上限」まで使用可能。

※2 パイルキャップの設計基準強度 $F_c=21\text{N/mm}^2$ の場合



(a) 通常の場合



(b) 終局時圧縮軸力を受ける杭頭の上限值

図 2.2.8 PCリングの終局せん断耐力

2.3 引張定着筋仕様

(1) 使用材料

a) 鉄筋

鉄筋種別：SD390, SD490, SD685 鉄筋径：D29～D41

b) コンクリート及びモルタル強度

基礎部及び杭体コンクリート：Fc 21N/mm² 以上

シーsgラウト材：圧縮強度 36N/mm² 以上（無収縮高強度モルタル）

c) シース（鉄筋最外径+20mm 以内のシース内径を利用）

表 2.3.1 引張定着筋とシース径の関係

		呼び名（下段 最外径 mm）				
シース (mm)		D29	D32	D35	D38	D41
外径	内径	33	36	40	43	50
53	50	○				
55	52	○	○			
58	55		○	○		
61	58			○	○	
63	60				○	○

(2) 引張定着筋の短期許容引張力： ${}_sP_t$ (N/ mm²)

$${}_sP_t = n \cdot A \cdot f_t = n \cdot {}_aP_t \quad \text{式 2.3.1}$$

$${}_aP_t = A \cdot {}_s f_t \quad \text{式 2.3.2}$$

n：引張定着筋本数

A：引張定着筋 1 本あたりの断面積 (mm²)

${}_s f_t$ ：引張定着筋の短期許容引張応力度 (N/ mm²)

(3) パイルキャップ部定着長さ

a) 定着板を用いない場合： ${}_tL_1$ (mm)

$${}_tL_1 \geq {}_aP_t / (\phi \cdot {}_s f_r) \quad \text{式 2.3.3}$$

ϕ ：鉄筋の周長 (mm)

${}_s f_r$ ：短期許容付着応力度（ $= 1.5 \times (1.35 + F_c/25)$ ）(N/ mm²)

b) 定着板を用いる場合： ${}_tL_2$ (mm)（評定又は技術審査証明による。下記は例）

$${}_tL_2 \geq 0.3 \cdot {}_aP_t / (\phi \cdot {}_s f_r) \quad \text{かつ} \quad 12dr \quad \text{式 2.3.4}$$

dr：鉄筋の直径 (mm)

(4) 杭体部定着長さ

a) シース内グラウト方式の場合： ${}_tL_3$ (mm)

$${}_tL_3 \geq \text{MAX} [{}_aP_t / (\phi \cdot {}_s f_{r1}), {}_aP_t / ({}_s \phi \cdot {}_s f_b)] \quad \text{式 2.3.5}$$

${}_s \phi$ ：シース（外径）周長 (mm)

${}_sf_b$: 杭体コンクリートの短期許容付着応力度 (N/ mm²)

$$= 1.5 \times \min \left\{ \frac{3}{4} (1.35 + F_c/25), \frac{F_c}{15} \right\}$$

${}_sf_{rl}$: シースグラウト材の短期許容付着応力度 (N/ mm²)

$$= 1.5 \times (1.35 + F_{c1}/25)$$

F_{c1} : グラウト材の圧縮強度

b) 杭体コンクリート打ち込み方式の場合 : ${}_fL_d$ (mm)

$${}_fL_d \geq {}_aP_t / (\phi \cdot {}_sf_b)$$

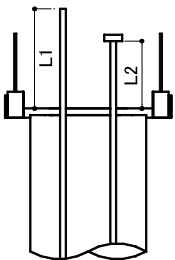
式 2.3.6

(5) 引張定着筋定着長さ仕様

(1)～(4)の条件より算定した必要定着長さを以下に示す。ただし、実用上の取り扱いを考え、50mm 単位で切り上げた値とする。

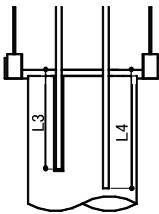
a) パイルキャップ部定着長さ : L_1, L_2

表 2.3.2 パイルキャップ部定着長さ

		定着板なし (L1)					定着板あり (L2)				
		D29	D32	D35	D38	D41	D29	D32	D35	D38	D41
SD390	Fc21	850	950	1050	1150	1250	350	400	450	500	550
	Fc24	850	900	1000	1100	1200	350	400	450	500	550
	Fc27	800	850	950	1050	1150	350	400	450	500	550
	$F_c \geq 30$	750	850	900	1000	1100	350	400	450	500	550
SD490	Fc21	1100	1200	1300	1450	1550	400	450	500	550	600
	Fc24	1050	1150	1250	1350	1500	400	450	500	550	600
	Fc27	1000	1100	1200	1300	1400	400	450	500	550	600
	$F_c \geq 30$	950	1050	1150	1250	1350	400	450	500	550	600
SD685	Fc21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Fc24	—	—	—	1900	2050	—	—	—	—	—
	Fc27	—	—	—	1800	1950	—	—	—	—	—
	$F_c \geq 30$	—	—	1600	1750	1850	—	—	—	—	—
NOTE	 (注 : コンクリート設計基準強度 F_c はパイルキャップ部の値)										

b) 杭体部定着長さ : L_3, L_4

表 2. 3. 3 杭体部定着長さ

		シース内グラウト方式 (L3)					杭体コンクリート打ち込み方式 (L4)				
		D29	D32	D35	D38	D41	D29	D32	D35	D38	D41
SD390	Fc21	750	900	1000	1150	1300	1350	1500	1650	1800	1950
	Fc24	700	750	900	1000	1100	1200	1300	1450	1550	1700
	Fc27	700	750	850	900	1000	1050	1150	1300	1400	1500
	$F_c \geq 30$	700	750	850	900	1000	1000	1100	1200	1300	1450
SD490	Fc21	900	1100	1250	1400	1600	1700	1900	2050	2250	2450
	Fc24	850	950	1100	1250	1400	1500	1650	1800	1950	2150
	Fc27	850	950	1050	1150	1250	1300	1450	1600	1750	1900
	$F_c \geq 30$	850	950	1050	1150	1250	1250	1400	1500	1650	1800
SD685	Fc21	1300	1500	1750	1950	2250	2350	2600	2850	3100	3400
	Fc24	1200	1350	1500	1700	1950	2050	2300	2500	2750	3000
	Fc27	1200	1350	1450	1600	1750	1850	2050	2250	2450	2650
	$F_c \geq 30$	1200	1350	1450	1600	1700	1750	1900	2100	2300	2500
NOTE	 (注 : コンクリート設計基準強度 F_c は杭体部の値) (注 : 定着長さは、施工誤差を考慮し、表中の値+100 とする)										

2.4 杭頭部形状・補強仕様

(1) 杭頭接合部断面形状

- a. 杭頭接合部の断面は、杭体部の断面形と同断面又は縮小断面形とする。

縮小断面の大きさは、杭体部杭径の 0.7 倍以上、かつ 1.0 倍未満とする。

この縮小断面を絞り部と定義する。

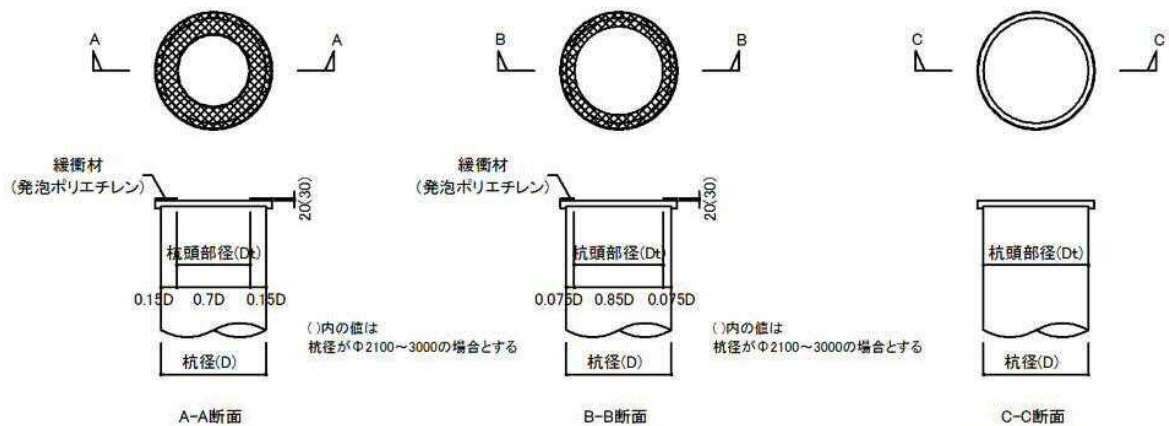
- b. 杭頭縮小断面の標準形は、絞り係数 $\nu = 0.7$ 又は 0.85 とする。

ここで、 D_t : 杭頭部縮小断面の直径 (= 絞り部の直径)

D : 杭体断面の直径

ν : 絞り係数 ($= D_t/D$)

ν の値を 0.7 以上と規定した根拠は、杭頭最小部圧縮試験にて、絞り係数 $\nu = 0.7$ の条件で、支圧効果によるコンクリート強度上昇が十分発揮され、必要とする耐力を確保出来たことによる。



絞り有り ($\nu = 0.7$)

絞り有り ($\nu = 0.85$)

絞り無し ($\nu = 1.0$)

図 2.4.1 杭頭接合部断面形状

(2) 引張定着筋配置形状

- a. 引張定着筋は主に、地震時に作用する杭頭部引張力に抵抗させるため、杭体とパイルキャップに定着させる。

- b. 引張定着筋は、杭芯を中心とする円形配置を標準とする。ただし、正方形配置も可とする。

- c. 円形配置の原則は以下とする。

① 引張定着筋の最小配置本数は 4 本とする。

② 引張定着筋の最小配置間隔 (ピッチ) は、鉄筋径 (公称径) の 3.7 倍かつシース外径の 2.5 倍とする。

③ 円形配置とした時の鉄筋一鉄筋の直径 (D_c) は以下を標準とする (図 2.4.2 参照)。

絞り有り ($\nu = 0.7$) : $D_c = (\text{杭径 } D - 200) \times 0.70$

($\nu = 0.85$) : $D_c = (\text{杭径 } D - 200) \times 0.70 \sim 0.90$

絞り無し ($\nu = 1.0$) : $D_c = (\text{杭径 } D - 200) \times 0.70 \sim 0.90$

表 2.4.1 引張定着筋の配置径 D_c の最大値 tD (円形配置)

円形配置												
NO.	杭径 D (mm)	$0.9x$ ($D-200$)	绞りなし		绞り率0.70				绞り率0.85			
			$L1$	tD	$pD1$	$L1$	$L2$	tD	$pD1$	$L1$	$L2$	tD
11	800	540	75	420	560	75	70	420	680	75	130	420
12	900	630	90	490	630	90	70	490	765	90	138	490
13	1000	720	105	560	700	105	70	560	850	105	145	560
14	1100	810	120	630	770	120	70	630	935	120	153	630
15	1200	900	120	730	840	135	70	700	1020	120	145	730
16	1300	990	120	830	910	150	70	770	1105	120	138	830
17	1400	1080	120	930	980	165	70	840	1190	120	130	930
18	1500	1170	120	1030	1050	180	70	910	1275	120	123	1030
19	1600	1260	120	1130	1120	195	70	980	1360	120	115	1130
20	1700	1350	120	1230	1190	210	70	1050	1445	120	108	1230
21	1800	1440	120	1330	1260	225	70	1120	1530	120	100	1330
22	1900	1530	120	1430	1330	240	70	1190	1615	120	93	1430
23	2000	1620	120	1530	1400	255	70	1260	1700	120	85	1530
24	2100	1710	120	1630	1470	270	70	1330	1785	120	78	1630
25	2200	1800	120	1730	1540	285	70	1400	1870	120	70	1730
26	2300	1890	120	1830	1610	300	70	1470	1955	130	73	1810
27	2400	1980	120	1930	1680	315	70	1540	2040	135	70	1900
28	2500	2070	120	2030	1750	330	70	1610	2125	145	73	1980
29	2600	2160	120	2130	1820	345	70	1680	2210	150	70	2070
30	2700	2250	120	2230	1890	360	70	1750	2295	160	73	2150
31	2800	2340	120	2330	1960	375	70	1820	2380	165	70	2240
32	2900	2430	120	2430	2030	390	70	1890	2465	175	73	2320
33	3000	2520	125	2520	2100	405	70	1960	2550	180	70	2410

注1) 以下の3つの条件を満足する最小値を tD とする。

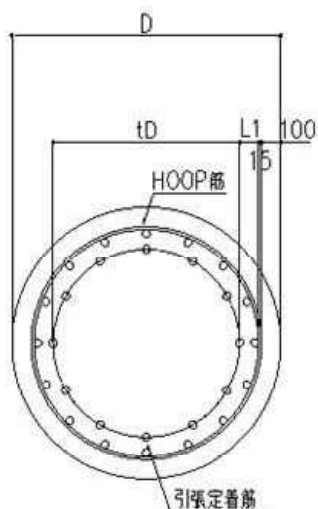
① $L1 \geq 120$ ($D=800\phi$ では $L1 \geq 75$ 、 $D=900\phi$ では $L1 \geq 90$ 、 $D=1000\phi$ では $L1 \geq 105$ とする)

② $L2 \geq 70$

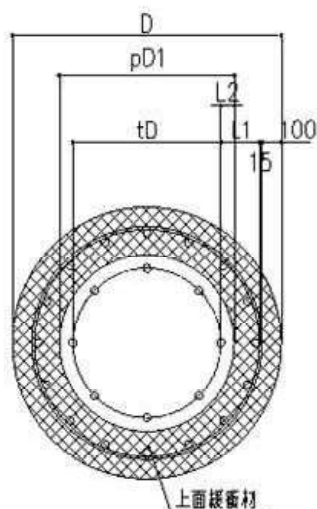
③ $tD \leq 0.9x$ ($D-200$)

注2) 杭径 $D=800\sim 1000\phi$ の場合は、杭主筋とシースの空き寸法に注意の事。

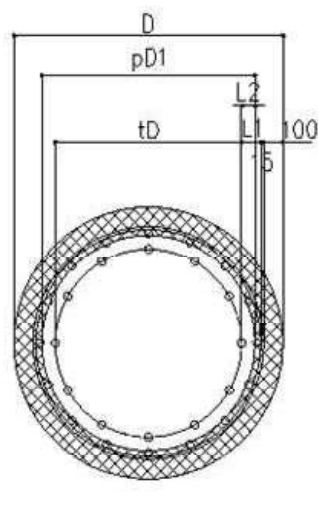
$L1$: HOOP筋内法からシース芯までの距離、 $L2$: 上面緩衝材内法からシース芯までの距離



绞りなし



绞り率0.70



绞り率0.85

表 2.4.2 引張定着筋の配置径 Dc の最大値 tB (正方形配置)

正方形配置												
NO.	杭径 D (mm)	$0.9x$ (D-200) $/\sqrt{2}$	絞りなし		絞り率0.70				絞り率0.85			
			L1	tB	pD1	L1	L2	tB	pD1	L1	L2	tB
11	800	382	注2) 参照									
12	900	446	注2) 参照									
13	1000	509	注2) 参照									
14	1100	573	124	440	770	124	74	440	935	124	156	440
15	1200	636	124	510	840	139	74	490	1020	124	149	510
16	1300	700	125	580	910	153	73	540	1105	125	142	580
17	1400	764	125	650	980	168	73	590	1190	125	135	650
18	1500	827	126	720	1050	183	73	640	1275	126	128	720
19	1600	891	126	790	1120	197	72	690	1360	126	121	790
20	1700	955	127	860	1190	212	72	740	1445	127	114	860
21	1800	1018	120	940	1260	226	71	790	1530	120	100	940
22	1900	1082	121	1010	1330	241	71	840	1615	121	93	1010
23	2000	1146	121	1080	1400	256	71	890	1700	121	86	1080
24	2100	1209	122	1150	1470	270	70	940	1785	122	79	1150
25	2200	1273	122	1220	1540	285	70	990	1870	122	72	1220
26	2300	1337	123	1290	1610	307	77	1030	1955	130	73	1280
27	2400	1400	123	1360	1680	321	76	1080	2040	138	73	1340
28	2500	1464	124	1430	1750	336	76	1130	2125	145	73	1400
29	2600	1528	125	1500	1820	351	76	1180	2210	153	73	1460
30	2700	1591	125	1570	1890	365	75	1230	2295	160	73	1520
31	2800	1655	126	1640	1960	380	75	1280	2380	168	73	1580
32	2900	1719	126	1710	2030	395	75	1330	2465	176	73	1640
33	3000	1782	127	1780	2100	409	74	1380	2550	183	73	1700

注1) 以下の3つの条件を満足する最小値をtBとする。

① $L1 \geq 120$

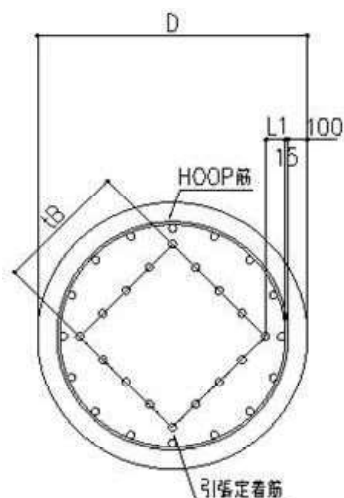
② $L2 \geq 70$

③ $tB \leq \{0.9x(D-200)\} / \sqrt{2}$

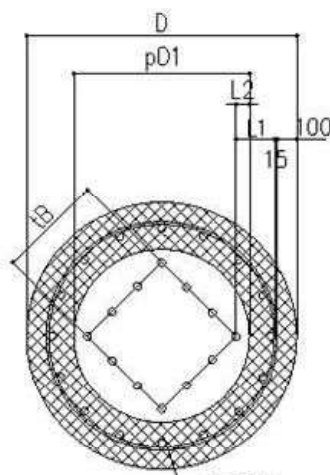
注2) D=800~1000φの場合は、杭主筋とシースの空き寸法及び上面緩衝剤との間隔を考慮の上でtBを決める事。

注3) D=1100~1300φの場合は、杭主筋とシースの空き寸法に注意の事。

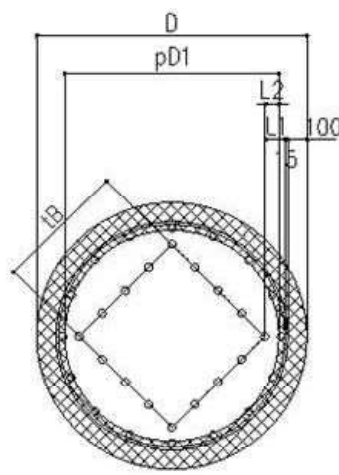
L1 : HOOP筋内法からシース芯までの距離、 L2 : 上面緩衝材内法からシース芯までの距離



絞りなし



絞り率0.70



絞り率0.85

(4) 杭頭部補強

杭頭部とは杭天端より下方へ杭径の5倍までの範囲をいい、この範囲の補強は原則としてウルボン材を用いて以下の要領にて行う。

a. 上部1Dの補強要領

上部1Dはウルボン材を用いる。せん断補強筋比は0.15%かつ設計せん断力に必要なせん断補強筋比以上とし、配筋間隔は@100以下とする。なお、束ねフープを用いた場合は@125以上、@150以下としてよい。

ただし場所打ち鋼管コンクリート杭の場合、1～5D部分のウルボン材による補強は必須ではない。

b. 上部1Dの下4Dの補強要領

上部1Dの下4Dの配筋間隔は@150以下とし、ウルボン材又はSD材（短期許容応力度設計のみとした場合に限る）を用いる。ウルボン材を用いる場合のせん断補強筋比は0.1%以上とする。

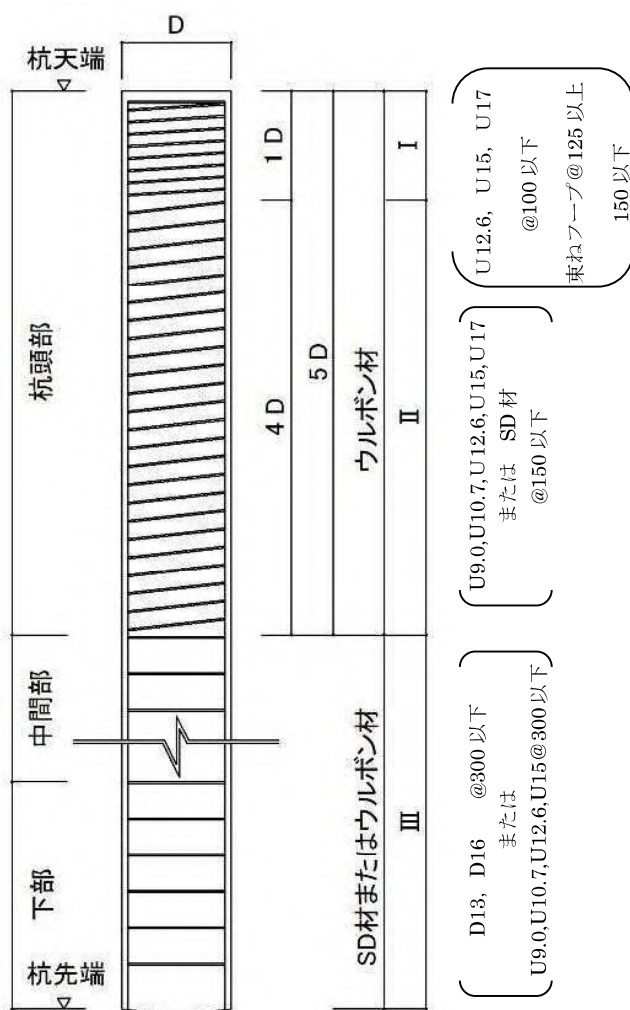


表 2.4.3 杭頭部せん断補強範囲

杭径D(mm)	1.0 D (mm) I	4.0 D (mm) II
800	800	3200
900	900	3600
1000	1000	4000
1100	1100	4400
1200	1200	4800
1300	1300	5200
1400	1400	5600
1500	1500	6000
1600	1600	6400
1700	1700	6800
1800	1800	7200
1900	1900	7600
2000	2000	8000
2100	2100	8400
2200	2200	8800
2300	2300	9200
2400	2400	9600
2500	2500	10000
2600	2600	10400
2700	2700	10800
2800	2800	11200
2900	2900	11600
3000	3000	12000

図 2.4.4 杭体補強要領

3. 設計基準

3.1 一般事項

本設計基準は、キャブテンパイル工法（略称：C T P 工法）を用いて設計を行う場合について示す。

(1) 設計条件

本設計基準は、主として許容応力度設計を行う際の本工法の設計および杭基礎等の検討に適用する。

(2) 適用範囲

1) 対象とする建物

建物規模、形状および構造種別等についての制限は特にない。ただし、杭頭曲げの処理については以下の条件を満足するものとする。

地震時における杭の水平抵抗によって杭頭の固定度に応じた杭頭曲げが発生するため、杭の曲げ戻しモーメントの処理として基礎梁あるいはこれに類する抵抗部材を配置する。

2) 対象とする杭工法

対象とする杭工法仕様は下記とする。

① 適用杭工法

場所打ちコンクリート杭及び場所打ち鋼管コンクリート杭

② 適用杭径

杭径 800mm～3000mm

③ 杭体コンクリート強度

設計基準強度 $F_c \geq 21\text{N/mm}^2$ (RC 規準、JASS5 に準ずる)

3) 本工法以外の杭頭接合工法との併用

同一建物において、本工法と在来一般工法※を併用することができる。

※在来一般工法とは、杭頭鉄筋等をパイルキャップへ定着させた杭頭接合法及びこれに類する工法を言う。

(3) 準拠規準

本設計基準に記載の無い事項については、以下の規準および指針等に準拠すること。

- ・ 2015 年版 建築物の構造関係技術規準解説書 国土交通省住宅局建築指導課、2015. 6
- ・ 地震力に対する建築物の基礎の設計指針 付・設計例題 日本建築センター、1989. 11
- ・ 建築基礎構造設計指針 日本建築学会、2001. 10
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 日本建築学会、2018. 12
- ・ 鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 日本建築学会、2014. 1
- ・ 建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事 日本建築学会、2018. 7

(1) 抗頭接合タイフ区分

表1 引張強度、圧入強度、せん断強度、引張変形率、引張伸び率、引張率		50300		50400		50655	
試験仕様		D28		D28		D41	
引張強度		1,100	1,200	1,250	1,500	2,050	
圧入強度		1,650	1,150	1,300	1,400	1,500	
せん断強度		750	1,000	1,250	1,350	1,650	
引張変形率		1,000	1,100	1,250	1,400	1,500	
引張伸び率		900	1,000	1,150	1,250	1,750	
引張率		900	1,000	1,150	1,250	1,750	
圧入率		900	1,000	1,150	1,250	1,750	

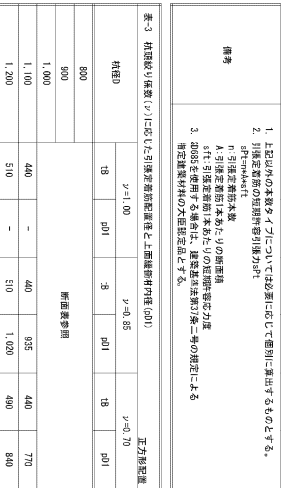
注：表中の引張率は、引張りまたは引張せん断試験により求めた値である。

注2：上記強度試験方法は試験の代表値であるため、強度試験結果は平均値である。

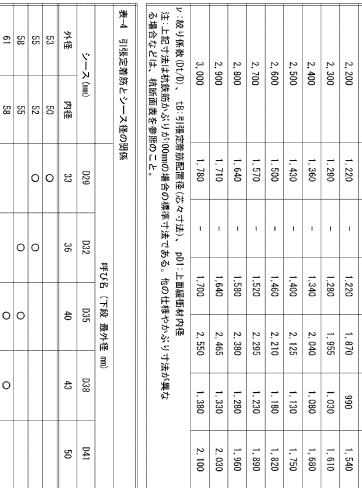
注3：圧入試験は引張試験と同一試験方法で実施される。

注2:上記の測定着筋長は設計必要長であるため、施工隙差をさんだ長さで差注する。
施工長 標準 $tl3=(tl1+50)+(tl2+100)=tl1+tl2+150$ を標準とする。

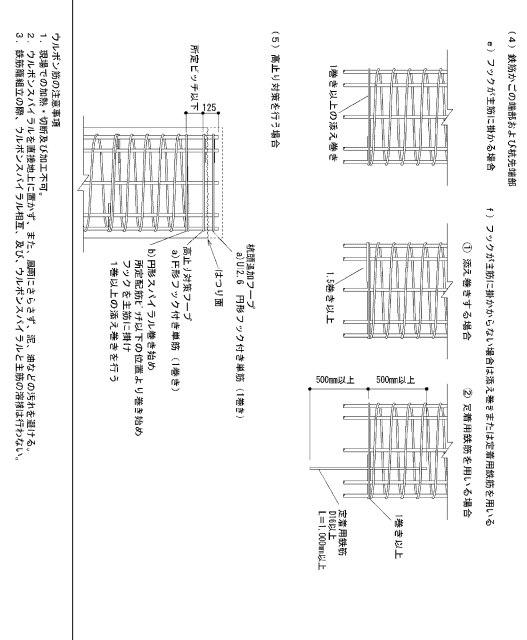
材料質		S300		S400		S455
鋼板厚		D38	t41	D38	D41	D41
4t		1,738	2,090	2,224	2,638	3,071
6t		2,467	3,135	3,351	3,939	5,507
9t		3,556	4,180	4,468	5,322	7,348
短距離等引継力		4,466	5,226	5,566	6,566	9,179
2t		5,335	6,271	6,702	7,879	11,014
1.6t		7,113	8,361	8,924	10,505	14,466



1,300	530	-	330	1,105	540	910
1,400	650	-	650	1,190	590	980
1,500	720	-	720	1,275	640	1,050
1,600	790	-	790	1,360	690	1,120
1,700	860	-	860	1,445	740	1,190
1,800	940	-	940	1,530	790	1,260
1,900	1,010	-	1,010	1,615	840	1,330
2,000	1,080	-	1,080	1,700	890	1,400



キヤブテンパイル工法基準図 (2)
引張定着筋・ウルボン配筋図 (正方形配置)
(2021.04.01バージョン)



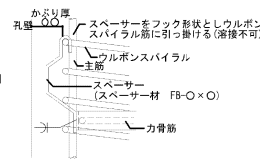
符号

符 号		P1 (例)	P2	P3	P4	P5	P6
杭頭接合部	断 面						
	絞りの有無(絞り係数)	有り (0.70)					
	絞り部内径	pD1 (mm)	1,330				
	引張定着筋仕様	12-D4I (SD490)					
	引張定着筋施工長さ (標準 tL3=tL1+tL2+150)	tL3 (mm)	2,750				
	設計定着長さ	tL1 (mm)	1,350				
	設計定着長さ	tL2 (mm)	1,250				
	引張定着筋配置径	tD (mm)	1,190				
PCリングタイプ	1.900-N						
杭上部	断 面						
	杭 径 (D1) (mm)	1,900					
	主 筋	28-D29					
	杭 上 部 (mm)	9,500					
	フープ(杭頭上部1D範囲)	U15#100					
フープ(杭頭下部4D範囲)	U12.6#100						
杭中部	断 面						
	杭 径 (D2) (mm)	1,500					
	主 筋	16-D29					
	杭 中 間 部 (mm)	○ ○ ○ ○					
	フ ー プ	D13#300					
杭下部・拡底部	断 面						
	杭 径 (D2) (mm)	1,500					
	拡底施工径 (D3) (mm)	2,500					
	主 筋	16-D29					
	フ ー プ	D13#300					
	杭天端 (mm)	設計GL-2,000					
	杭長 (mm)	25,600					
	杭長期許容支持力 (kN)	9,000					
	杭本数 (本)	5					

杭仕様 (例)

杭仕様 (例)

- 3) 次の溶接箇所について、現場員が否の確認を行う。
 - ・フープ(図3)同士の溶接（スラグを除去する）
 - ・主筋とカ骨筋の溶接　・フープ(図3)とスベーサーの溶接
- 4) スベーサーはフラッシュなしとし、カ骨筋に溶接する。（ウルトラバイナル樹脂への溶接は不可）〔図1〕
- 5) 柱主筋の継手は主筋1本につき3ヶ所以上連続とする。〔図2〕
- 6) 一般フープ(図3)の重なり継手長さは40d以上とし、片面10d以上の溶接とする。〔図3〕
- 7) 溶接を行う場合は、溶接時の急冷急熱を避け、主筋にランダーカットを生じさせないこと。
- 8) 金盛り高さは0mmとし、



- | | |
|--------------|---|
| (4) シースグラウト材 | 圧縮強度 36 N/mm ² 以上 (巻収縮強度モルタル) |
| (5) 鉄筋 | SD295A (D16以下)
SD390 (D9~D19)
SD390 (PCリング定着筋D19)
SD0 (引張定着筋D9)
SBPD127.5/142.0 (UC)
Omm |
| ウルボン筋 | |
| (6) かぶり厚 | Omm |
| (7) スペースサー | FB=×○ (○箇所) ※○○○ |
| (8) 片骨筋 | FB=×○×D以上 ※○○○ |
| (9) 杭主筋兼握手長さ | Od |

Fc=0.2N/mm² (単位セメント量0kg/m³以上)
Fc=0.2N/mm²以上
圧縮強度36N/mm²以上、かつ杭体コンクリートとバレルキャップの設計基準強度のうち小さいほうを1.0倍に値以上
圧縮強度36N/mm²以上 (無収縮高強度モルタル)
SD29.5A (D16以下)
SD39.0 (D0~D0)
SD39.0 (PCLING定着筋D19)
SD0 (引張定着筋D0)
SBPD127.5/142.0 (U0)
0mm
FB=□×0 (0箇所以上) ※○○○
FB=□×0+D0以上 ※○○○
Qd

キャブテンパイル工法
杭断面表(例)
(2021.04.01バージョン)

1. キャパシティバイブル工法(略称CPI工法)概要

円アングラは足廻りに多少のバンプやノブに足差し、靴には足差ししない、また、衣類は足の指環足指環で用い、不要となる、但し、引続き足差し甲の引定足差しなし(図2)、引定足差しあり(図3)の2タイプを用意している、



2011/11/27

- 場所打ちコンクリート杭（アースドリル杭等）⁽⁸⁾

[illegible]

有	有	有	有	有
---	---	---	---	---

上巻にはウルホレン林を用いる。産卵期間は90以下とし、せん断強度比は、15%以上とする。

4-1. PCリング施工精度



4. 杭頭のモルタル厚さ: Δt	50 ± 20
--------------------------	-------------

3. 基礎梁下端とフーチング下側の差は50mm

4-2. PCリング製品精度許容値



6. 定着筋下端かぶり:tr	35±5
----------------	------

5. PLGリソグ様標準仕様

- a. コンクリート：設計基準強度 $F_c \geq 16\text{N/mm}^2$ ・PCリングを現場製作する場合は、基礎の設計基準強度以上かつ 21N/mm^2 以上とする。

皮膚病	・ 糠疹タイプ (Sタイプ)				
1.					
2.					
3.					

PCリング設置手順例

-

(2) 引張定着筋あり

① レベル調整コンクリート上に設

③ PCパッド設置

④ シーズ、PCリング下部設置

⑤ 必要に応じて基礎設置

⑥ 上部鋼材は高層



(2021.04.01バージョン)

※キャブテンパイル工法において、引張定着筋の仕様は設計・施工マニュアルに準拠した変更は可とする。

	タイプⅠ	引張定着筋：有 绞り：有	タイプⅢ	引張定着筋：無 绞り：有
平断面図	絞リ係数 0.70 絞リ係数 0.85 上面縦断材 (発泡ポリエチレン) 20mm径長 約=1,000g 30mm径長 約=1,900g 引張定着筋 吊りフック		絞リ係数 0.70 絞リ係数 0.85 上面縦断材 (発泡ポリエチレン) 20mm径長 約=2,000g 30mm径長 約=3,900g 吊りフック	
	タイプⅡ	引張定着筋：有 绞り：無	タイプⅣ	引張定着筋：無 绞り：無
	引張定着筋 吊りフック		吊りフック	
立断面図	引張定着筋 定着筋 ▽杭頭レベル PCリング シース 引張定着筋有り		定着筋 ▽杭頭レベル PCリング 側面縦断材 (発泡ポリエチレン) 厚さ20mm 上面縦断材 (発泡ポリエチレン) 引張定着筋無し	
備考	杭種：場所打ち杭 D：杭径 rD1：PCリング内径 rD2：PCリング外径 pD1：上面縦断材内径 pD2：上面縦断材外径 → rD1 tD：引張定着筋配置座（芯々挿入） DL：絞リ節直後（-pD1） γ：絞リ係数（=D1/D）	L1：PCリング定着筋定着長さ L2：PCリング定着筋全長 tL1：引張定着筋のバイルキャップへの設計定着長さ tL2：引張定着筋が杭体への設計定着長さ 標準tL3：引張定着筋の埋込施工高さ（tL1+tL2+150mm） 標準hr：PCリング高さ		
詳細図	PCリング納まり詳細図 レール調整プレート（仮設） ▽杭頭レベル ▽鋼管天端 シース管及び主筋の天端 杭頭モルタル バイルキャップ配筋 かり壁 杭頭レベル <の数字は杭径≧2100mm 下端縦断材（仮設） 鋼管 100以上（ヘリあき）			

表-1 引張定着筋 必要定着長さ(スラストタイプ、定着板なし) (mm)									
鉄筋材質		SD390		SD490		SD665			
鉄筋径		D38	D41	D38	D41	D41	D41		
tL1	バイルキャップ部 Fc	Fc≧24	1,100	1,200	1,350	1,500	2,050		
		Fc≧27	1,050	1,150	1,300	1,400	1,950		
		Fc≧30	1,000	1,100	1,250	1,350	1,850		
tL2	杭体 Fc	Fc≧24	1,000	1,100	1,250	1,400	1,950		
		Fc≧27	900	1,000	1,150	1,250	1,750		
		Fc≧30	900	1,000	1,150	1,250	1,700		
標準tL3		tL1+tL2-50		*tL2					

注1: 表にない仕様は、杭リストまたは設計施工マニュアルによる。

注2: 上記引張定着筋長は設計必要長さであるため、施工誤差を含んだ長さで発注する。

施工標準 標準tL3=(tL1-50)+(tL2+100)+tL1+tL2+150を標準とする。

表-2 引張定着筋の短期許容引張力 sPt (kN)								
鉄筋材質		SD390		SD490		SD665		
鉄筋径		D38	D41	D38	D41	D41	D41	
短期許容引張力	t本	1,778	2,090	2,234	2,626	3,671		
	i本	2,667	3,135	3,351	3,939	5,507		
	j本	3,556	4,180	4,468	5,252	7,343		
	10本	4,446	5,226	5,586	6,566	9,179		
	12本	5,335	6,271	6,702	7,879	11,014		
	16本	7,113	8,361	8,936	10,595	14,686		
		10本	8,892	10,452	11,172	13,132	18,358	

1. 上記以外の本数タイプについては必要に応じて個別に算出するものとする。

2. 引張定着筋の短期許容引張力sPt
 $sPt = n \times sPt_0$
n: 引張定着筋本数
A: 引張定着筋1本あたりの断面積
sPt: 引張定着筋1本あたりの短期許容応力度
3. SD665を使用する場合は、標準法第37条二号の規定による
指定建築材料の大臣認定品とする。

表-3 杭軸傾り係数(ν)に応じた引張定着筋配置径と上面縦棒材内径 (φD1)							円形配置
杭径D	ν=1.00		ν=0.85		ν=0.70		
	tD	pD1	tD	pD1	tD	pD1	
900	420	-	420	680	420	560	
900	490	-	490	765	490	630	
1,000	560	-	560	850	560	700	
1,100	630	-	630	935	630	770	
1,200	700	-	700	1,020	700	840	
1,300	830	-	830	1,105	770	910	
1,400	930	-	930	1,190	840	980	
1,500	1,030	-	1,330	1,275	910	1,050	
1,600	1,130	-	1,130	1,360	980	1,120	
1,700	1,230	-	1,230	1,445	1,050	1,190	
1,800	1,330	-	1,330	1,530	1,120	1,260	
1,900	1,430	-	1,430	1,615	1,190	1,330	
2,000	1,530	-	1,530	1,700	1,260	1,400	
2,100	1,630	-	1,630	1,785	1,330	1,470	
2,200	1,730	-	1,730	1,870	1,400	1,540	
2,300	1,830	-	1,830	1,955	1,470	1,610	
2,400	1,930	-	1,930	2,040	1,540	1,680	
2,500	2,030	-	1,980	2,125	1,610	1,750	
2,600	2,130	-	2,170	2,210	1,680	1,820	
2,700	2,230	-	2,150	2,295	1,750	1,890	
2,800	2,330	-	2,240	2,380	1,820	1,960	
2,900	2,430	-	2,320	2,465	1,890	2,030	
3,000	2,520	-	2,410	2,550	1,960	2,100	

ν: 傾り係数(D/D0)、tD: 引張定着筋配置径(芯々寸法)、pD1: 上面縦棒材内径
注1: 上記寸法は杭軸傾りが0mmの場合の標準寸法である。他の仕様やかり寸法が異なる場合などは、杭断面表を参照のこと。

表-4 引張定着筋とスラスト径の関係					
スラスト (mm)					

[illegible]

※杭頭レベル-50mm=鋼管天端

キャブテンパイル工法基準図(2)(TB杭)
引張定着筋・ウルボン配筋図(円形配置)
(2021.04.01バージョン)

3.2 設計方針

(1) 設計法

- ① 基礎・杭・杭頭接合部の設計範囲は、許容応力度設計を原則としている。ただし、上部構造の設計レベルや液状化などの地盤変状を伴う場合等において、基礎・杭の終局設計を行うケースも想定されるので、杭頭接合部・杭体の終局設計についても示す。
- ② 外力は長期・短期を設定し、それぞれ各部位が許容応力度以内であることを確認する。また、必要に応じて終局状態も想定し、それぞれの部位が終局耐力以下であることを確認する。
- ③ 杭体の応力・変形の算出方法は次の2ケースとし、各々の設計条件に応じ選択する。
 - ・ 略算解析法（固定度を考慮した Chang の方法）
地盤がほぼ均一であり、十分長い杭（ $\beta L \geq 3.0$ ）の場合に用いる。
 - ・ 精算解析法（杭頭回転ばね、杭を弾性床上にある梁にモデル化した非線形解析）
地盤が不均一で、水平地盤反力係数が著しく変化している場合および、短杭（ $\beta L < 3.0$ ）の場合に用いる。
- ④ PCリング及び杭頭接合部以外の部材（杭、パイルキャップ、基礎梁等）についての材料強度及び許容応力度は、前述の準拠基準による。
- ⑤ 許容応力度設計のみのときの留意事項
許容応力度設計時より終局設計時の方が、多くの杭体主筋量を必要とする場合があるため、終局設計を行わない場合には十分な配慮が必要である。

(2) 杭頭接合部設計の要点

- ① 上部構造から杭に伝達される力及び杭頭からパイルキャップ、基礎梁へ戻される力の処理の方法は以下とする。
 - ・ 軸力：圧縮力は、パイルキャップから杭頭接合面を介して杭へ直接伝達され、一方引張力は引張定着筋により杭からパイルキャップへ伝達される。
 - ・ せん断力：原則としてPCリングにせん断力を負担させる。終局時のみ、圧縮軸力側杭頭では接合面摩擦による伝達も考慮してよい。
 - ・ 杭頭曲げ：杭頭曲げは、引張定着筋を主筋とする杭頭絞り部断面の曲げ抵抗にてパイルキャップへ伝達する。
- ② 杭体とPCリングのせん断力の検定
PCリングの許容せん断力が、杭体からの作用せん断力を上回っていることを確認する。

(3) 杭頭部の曲げ設計

① 杭頭部(5D)

曲げ応力が短期許容耐力以内及び、必要に応じて終局耐力以内であることを確認する。なお、杭頭曲げモーメントは、引張定着筋下端位置の値を採用してもよい^{文献)}。

② 杭頭接合部

短期においては、曲げ応力が短期許容曲げモーメント以内であることを確認する。また、必要に応じて終局時には、杭頭の回転角が限界回転角以内であること、及びP Cリングと杭体の重なりを超えて浮き上がらないことを確認する。

注) 限界回転角は、杭頭接合部実験にて確認した値「0.04rad」とする。

(4) 杭頭部のせん断設計

1) 杭頭部のせん断耐力評価

- ① 杭頭部(5.0D)のせん断補強について、上部1.0Dの間隔は@100以下、せん断補強筋比は原則として0.15%以上としウルボンスパイラルを使用する^{注)}。ただし、上部1Dの補強は、杭頭の設計せん断力を用いて算定されるせん断補強筋比以上でなければならない。なお、束ねフープを用いた場合は@125以上、@150以下としてよい。その下4.0Dの間隔は@150以下、せん断補強筋比は0.10%以上としウルボンスパイラルとする。ただし、許容応力度設計のみとしたケースに限り、4.0D部分について普通鉄筋(SD材)を用いることができる。

注) 上部1Dの補強は、せん断補強と軸拘束の補強を兼ねた仕様規定である。

- ② せん断耐力の算定は、原則として「BCJ 評定-FD0157-05」の一般評定「場所打ちコンクリート杭のせん断補強としてウルボンを使用する工法」に準拠する。ウルボンを用いた場合の具体的な算定式を以下に示す。

a. 短期許容せん断力の算定式は

$$Q_{AS} = bj \cdot \{f_s + 0.5_{\text{w}} f_t (p_w - 0.001)\} \quad \text{式 3.2.1}$$

ここで、 $_{\text{w}}f_t=585$ (N/mm²)、 $p_w=a_w/(D \cdot x)$

b. 終局せん断耐力の算定式は、原則として下式とする。

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 p_t^{0.23} (F_c + 18)}{M/(Qd) + 0.12} + 0.846 \sqrt{p_w \sigma_{wy}} + 0.1 \sigma_0 \right\} bj \quad \text{式 3.2.2}$$

ここで、 $\sigma_{wy}=1275$ (N/mm²)

ただし、塑性理論に基づく終局せん断耐力式を用いることも可とする。

$$Q_{su2} = b \cdot j_t \cdot p_w \cdot \sigma_{wy} + k_1 \cdot (1 - k_2) \cdot b \cdot D \cdot \nu \cdot F_c \quad \text{式 3.2.3}$$

文献) 吉川他：場所打ち杭用杭頭半固定工法の開発 その7 杭頭主筋算定用曲げモーメント，日本建築学会大会，B-1，pp. 361-362，2006

2) セン断力検定

① 杭体の設計用せん断力

$$\text{短期: } {}_sQ_b = {}_1Q \times 1.5^{※1} \quad \text{式 3.2.4}$$

$$\text{終局: } {}_uQ_b = {}_2Q \quad \text{式 3.2.5}$$

ここで、 ${}_1Q$ は、短期時の杭の負担せん断力を示す。

${}_2Q$ は、終局設計用の杭の負担せん断力を示す。

※1 短期と終局の両方の検討を行う時には、短期の設計せん断力は ${}_sQ_b = {}_1Q$ とすることができる。

② セン断力の検定

$$\text{短期: } {}_sQ_b \leq Q_{AS}^{※2} \quad \text{式 3.2.6}$$

$$\text{終局: } {}_uQ_b \leq Q_{su}^{※3} \quad \text{式 3.2.7}$$

参考として ※2 別表 3.2.1「杭体の許容せん断力一覧」参照のこと。

※3 別表 3.2.2「杭体の終局せん断力一覧」参照のこと。

(5) 杭頭接合部のせん断設計

1) 許容せん断力の算定

① 短期許容せん断力 ${}_sQ_r$ の算定式は下式とする。（「2. 2 P C リング仕様」参照）

$${}_sQ_r = R_a + R_b \quad \text{式 3.2.8}$$

ここで、 R_a は、杭頭せん断力を受ける P C リング加力前面のせん断抵抗力

R_b は、杭頭せん断力を受ける P C リング加力側面のせん断抵抗力

② 終局せん断耐力 ${}_uQ_r$ の算定式は下式とする。（「2. 2 P C リング仕様」参照）

$${}_uQ_r = R_a' + R_b' \quad \text{式 3.2.9}$$

ここで、 R_a' は、杭頭せん断力を受ける P C リング加力前面のせん断抵抗力

R_b' は、杭頭せん断力を受ける P C リング加力側面のせん断抵抗力、

なお、終局時圧縮側杭体のせん断抵抗照査では、摩擦抵抗 $0.1N_u$ (N_u は終局時圧縮軸力) を P C リングのせん断抵抗に加算しても良いが、 ${}_uQ_r$ には上限値があるので注意する。（「2. 2 P C リング仕様」参照）

2) セン断力検定

① 杭頭接合部の設計用せん断力は、短期、終局とも杭の負担せん断力とする。

$$\text{短期: } Q_{sr} = {}_1Q$$

$$\text{終局: } Q_{ur} = {}_2Q$$

② セン断力の検定

$$\text{短期: } {}_1Q \leq {}_sQ_r \quad \text{式 3.2.10}$$

$$\text{終局: } {}_2Q \leq {}_uQ_r^{※4} \quad \text{式 3.2.11}$$

※4 終局圧縮時には接合面摩擦による伝達を考慮してもよい。

表 3. 2. 1 杭体の短期許容せん断力一覧

No	D (mm)	ウルボンスパイラルせん断補強筋仕様 (p _w %)			
	Q _{ac} (kN)	短期許容せん断力: Q _{AS} (kN) (Q _{AS} /Q _{ac})			
		1	2	3	4
11	800	U12.6 @75 (0.42%)	U12.6 @100 (0.31%)	U12.6 @125 (0.25%)	U12.6 @150 (0.21%)
	306	635 (2.08)	527 (1.72)	462 (1.51)	418 (1.37)
12	900	U12.6 @75 (0.37%)	U12.6 @100 (0.28%)	U12.6 @125 (0.22%)	U12.6 @150 (0.18%)
	397	762 (1.92)	637 (1.61)	562 (1.42)	512 (1.29)
13	1000	U12.6 @75 (0.33%)	U12.6 @100 (0.25%)	U12.6 @125 (0.20%)	U12.6 @150 (0.17%)
	499	897 (1.80)	755 (1.51)	669 (1.34)	613 (1.23)
14	1100	U12.6 @75 (0.30%)	U12.6 @100 (0.23%)	U12.6 @125 (0.18%)	U12.6 @150 (0.15%)
	614	1039 (1.69)	880 (1.43)	785 (1.28)	721 (1.17)
15	1200	U12.6 @75 (0.28%)	U12.6 @100 (0.21%)	U12.6 @125 (0.17%)	U12.6 @150 (0.14%)
	740	1189 (1.61)	1013 (1.37)	908 (1.23)	838 (1.13)
16	1300	U15 @75 (0.35%)	U15 @100 (0.26%)	U12.6 @125 (0.15%)	U12.6 @150 (0.13%)
	878	1624 (1.85)	1362 (1.55)	1039 (1.18)	962 (1.10)
17	1400	U15 @75 (0.32%)	U15 @100 (0.24%)	U15 @125 (0.19%)	U15 @150 (0.16%)
	1028	1814 (1.76)	1529 (1.49)	1359 (1.32)	1245 (1.21)
18	1500	U15 @75 (0.30%)	U15 @100 (0.23%)	U15 @125 (0.18%)	U15 @150 (0.15%)
	1190	2011 (1.69)	1704 (1.43)	1520 (1.28)	1397 (1.17)
19	1600	U15 @75 (0.28%)	U15 @100 (0.21%)	U15 @125 (0.17%)	U15 @150 (0.14%)
	1363	2216 (1.63)	1886 (1.38)	1688 (1.24)	1556 (1.14)
20	1700	U15 @75 (0.27%)	U15 @100 (0.20%)	U15 @125 (0.16%)	U15 @150 (0.13%)
	1548	2429 (1.57)	2076 (1.34)	1865 (1.20)	1724 (1.11)
21	1800	U15 @75 (0.25%)	U15 @100 (0.19%)	U15 @125 (0.15%)	U15 @150 (0.13%)
	1745	2649 (1.52)	2274 (1.30)	2049 (1.17)	1899 (1.09)
22	1900	U15 @75 (0.24%)	U15 @100 (0.18%)	U15 @125 (0.14%)	U15 @150 (0.12%)
	1954	2877 (1.47)	2479 (1.27)	2240 (1.15)	2081 (1.07)
23	2000	U15 @75 (0.23%)	U15 @100 (0.17%)	U15 @125 (0.14%)	U15 @150 (0.11%)
	2174	3113 (1.43)	2692 (1.24)	2440 (1.12)	2272 (1.04)
24	2100	U17 @75 (0.27%)	U17 @100 (0.20%)	U17 @125 (0.16%)	U17 @150 (0.14%)
	2406	3818 (1.59)	3259 (1.35)	2924 (1.22)	2700 (1.12)
25	2200	U17 @75 (0.26%)	U17 @100 (0.19%)	U17 @125 (0.16%)	U17 @150 (0.13%)
	2650	4093 (1.54)	3505 (1.32)	3153 (1.19)	2918 (1.10)
26	2300	U17 @75 (0.25%)	U17 @100 (0.19%)	U17 @125 (0.15%)	U17 @150 (0.12%)
	2906	4376 (1.51)	3760 (1.29)	3390 (1.17)	3144 (1.08)
27	2400	U17 @75 (0.24%)	U17 @100 (0.18%)	U17 @125 (0.14%)	U17 @150 (0.12%)
	3173	4666 (1.47)	4021 (1.27)	3635 (1.15)	3377 (1.06)
28	2500	U17 @75 (0.23%)	U17 @100 (0.17%)	U17 @125 (0.14%)	U17 @150 (0.11%)
	3452	4964 (1.44)	4291 (1.24)	3887 (1.13)	3618 (1.05)
29	2600	U17 @75 (0.22%)	U17 @100 (0.16%)	U17 @125 (0.13%)	U17 @150 (0.11%)
	3743	5270 (1.41)	4568 (1.22)	4147 (1.11)	3866 (1.03)
30	2700	U17 @75 (0.21%)	U17 @100 (0.16%)	U17 @125 (0.13%)	U17 @150 (0.11%)
	4045	5584 (1.38)	4853 (1.20)	4415 (1.09)	4123 (1.02)
31	2800	U17 @75 (0.20%)	U17 @100 (0.15%)	U17 @125 (0.12%)	U17 @150 (0.10%)
	4360	5905 (1.35)	5146 (1.18)	4691 (1.08)	4387 (1.01)
32	2900	U17 @75 (0.20%)	U17 @100 (0.15%)	U17 @125 (0.12%)	—
	4686	6234 (1.33)	5447 (1.16)	4974 (1.06)	
33	3000	U17 @75 (0.19%)	U17 @100 (0.14%)	U17 @125 (0.11%)	—
	5024	6571 (1.31)	5755 (1.15)	5265 (1.05)	
NOTE	1. 杭体コンクリート強度: $F_c = 27 \text{ N/mm}^2$				
	2. D (mm): 杭径				
	3. 断面縁から鉄筋重心までの距離: $d_t = 150 \text{ (mm)}$				
	4. $Q_{ac} = b \cdot j \cdot f_s$ ($f_s = 0.855 \text{ N/mm}^2$)				
	5. $Q_{AS} = b \cdot j \cdot \{ f_s + 0.5_w f_t \cdot (p_w - 0.001) \}$ ($f_t = 585 \text{ N/mm}^2$)				
	6. $b = (D/4) \cdot \pi$, $p_w = a_w / (b \cdot x) \cdot \pi / 4 = a_w / (D \cdot x)$				

表 3.2.2 杭体の終局せん断耐力一覧

No	D (mm)	ウルボンスパイルせん断補強筋仕様 (p _w %)			
	Q _{ac} (kN)	終局せん断耐力 : Q _{su} (kN) (Q _{su} /Q _{AS})			
		1	2	3	4
11	800 306	U12.6 @75 (0.42%) 939 (1.48)	U12.6 @100 (0.31%) 846 (1.60)	U12.6 @125 (0.25%) 782 (1.69)	U12.6 @150 (0.21%) 735 (1.76)
12	900 397	U12.6 @75 (0.37%) 1167 (1.53)	U12.6 @100 (0.28%) 1053 (1.65)	U12.6 @125 (0.22%) 975 (1.74)	U12.6 @150 (0.18%) 918 (1.79)
13	1000 499	U12.6 @75 (0.33%) 1415 (1.58)	U12.6 @100 (0.25%) 1278 (1.69)	U12.6 @125 (0.20%) 1185 (1.77)	U12.6 @150 (0.17%) 1117 (1.82)
14	1100 614	U12.6 @75 (0.30%) 1681 (1.62)	U12.6 @100 (0.23%) 1521 (1.73)	U12.6 @125 (0.18%) 1412 (1.80)	U12.6 @150 (0.15%) 1332 (1.85)
15	1200 740	U12.6 @75 (0.28%) 1966 (1.65)	U12.6 @100 (0.21%) 1781 (1.76)	U12.6 @125 (0.17%) 1655 (1.82)	U12.6 @150 (0.14%) 1562 (1.86)
16	1300 878	U15 @75 (0.35%) 2529 (1.56)	U15 @100 (0.26%) 2284 (1.68)	U15 @125 (0.21%) 2117 (2.04)	U15 @150 (0.17%) 1993 (2.07)
17	1400 1028	U15 @75 (0.32%) 2883 (1.59)	U15 @100 (0.24%) 2606 (1.70)	U15 @125 (0.19%) 2417 (1.78)	U15 @150 (0.16%) 2278 (1.83)
18	1500 1190	U15 @75 (0.30%) 3255 (1.62)	U15 @100 (0.23%) 2946 (1.73)	U15 @125 (0.18%) 2734 (1.80)	U15 @150 (0.15%) 2579 (1.85)
19	1600 1363	U15 @75 (0.28%) 3645 (1.65)	U15 @100 (0.21%) 3302 (1.75)	U15 @125 (0.17%) 3068 (1.82)	U15 @150 (0.14%) 2895 (1.86)
20	1700 1548	U15 @75 (0.27%) 4053 (1.67)	U15 @100 (0.20%) 3675 (1.77)	U15 @125 (0.16%) 3417 (1.83)	U15 @150 (0.13%) 3226 (1.87)
21	1800 1745	U15 @75 (0.25%) 4479 (1.69)	U15 @100 (0.19%) 4065 (1.79)	U15 @125 (0.15%) 3782 (1.85)	U15 @150 (0.13%) 3573 (1.88)
22	1900 1954	U15 @75 (0.24%) 4922 (1.71)	U15 @100 (0.18%) 4470 (1.80)	U15 @125 (0.14%) 4162 (1.86)	U15 @150 (0.12%) 3935 (1.89)
23	2000 2174	U15 @75 (0.23%) 5382 (1.73)	U15 @100 (0.17%) 4892 (1.82)	U15 @125 (0.14%) 4558 (1.87)	U15 @150 (0.11%) 4312 (1.90)
24	2100 2406	U17 @75 (0.27%) 6342 (1.66)	U17 @100 (0.20%) 5749 (1.76)	U17 @125 (0.16%) 5344 (1.83)	U17 @150 (0.14%) 5045 (1.87)
25	2200 2650	U17 @75 (0.26%) 6873 (1.68)	U17 @100 (0.19%) 6234 (1.78)	U17 @125 (0.16%) 5799 (1.84)	U17 @150 (0.13%) 5477 (1.88)
26	2300 2906	U17 @75 (0.25%) 7421 (1.70)	U17 @100 (0.19%) 6736 (1.79)	U17 @125 (0.15%) 6269 (1.85)	U17 @150 (0.12%) 5924 (1.88)
27	2400 3173	U17 @75 (0.24%) 7986 (1.71)	U17 @100 (0.18%) 7254 (1.80)	U17 @125 (0.14%) 6755 (1.86)	U17 @150 (0.12%) 6386 (1.89)
28	2500 3452	U17 @75 (0.23%) 8569 (1.73)	U17 @100 (0.17%) 7788 (1.82)	U17 @125 (0.14%) 7256 (1.87)	U17 @150 (0.11%) 6863 (1.90)
29	2600 3743	U17 @75 (0.22%) 9168 (1.74)	U17 @100 (0.16%) 8338 (1.83)	U17 @125 (0.13%) 7772 (1.87)	U17 @150 (0.11%) 7354 (1.90)
30	2700 4045	U17 @75 (0.21%) 9784 (1.75)	U17 @100 (0.16%) 8904 (1.83)	U17 @125 (0.13%) 8304 (1.88)	U17 @150 (0.11%) 7860 (1.91)
31	2800 4360	U17 @75 (0.20%) 10417 (1.76)	U17 @100 (0.15%) 9485 (1.84)	U17 @125 (0.12%) 8850 (1.89)	U17 @150 (0.10%) 8381 (1.91)
32	2900 4686	U17 @75 (0.20%) 11066 (1.77)	U17 @100 (0.15%) 10082 (1.85)	U17 @125 (0.12%) 9411 (1.89)	—
33	3000 5024	U17 @75 (0.19%) 11731 (1.79)	U17 @100 (0.14%) 10695 (1.86)	U17 @125 (0.11%) 9987 (1.90)	—
N O T E	1. 杭体コンクリート強度 : F _c = 27 N/mm ² 2. D (mm) : 杭径 3. 断面縁から鉄筋重心までの距離 : d _t = 150 (mm) 4. $Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 \cdot p_t^{0.23} \cdot (F_c + 18)}{M/(Q \cdot d) + 0.12} + 0.846 \cdot \sqrt{p_w \cdot \sigma_{wy}} \right\} \cdot b \cdot j$ 5. M/(Q·d) = 3.0, p _t = 0.6%, σ _{wy} = 1275 N/mm ² 6. b = (D/4)·π, p _w = a _w /(b·x)·π/4 = a _w /(D·x)				

3.3 設計フロー

(1) 全体フロー

一般的な設計フローを図 3.3.1 に示す。PC リングは杭種・杭径に応じて選択し、せん断検定を行う。杭応力の算定方法は、略算解析法と精算解析法の 2 通りがある。

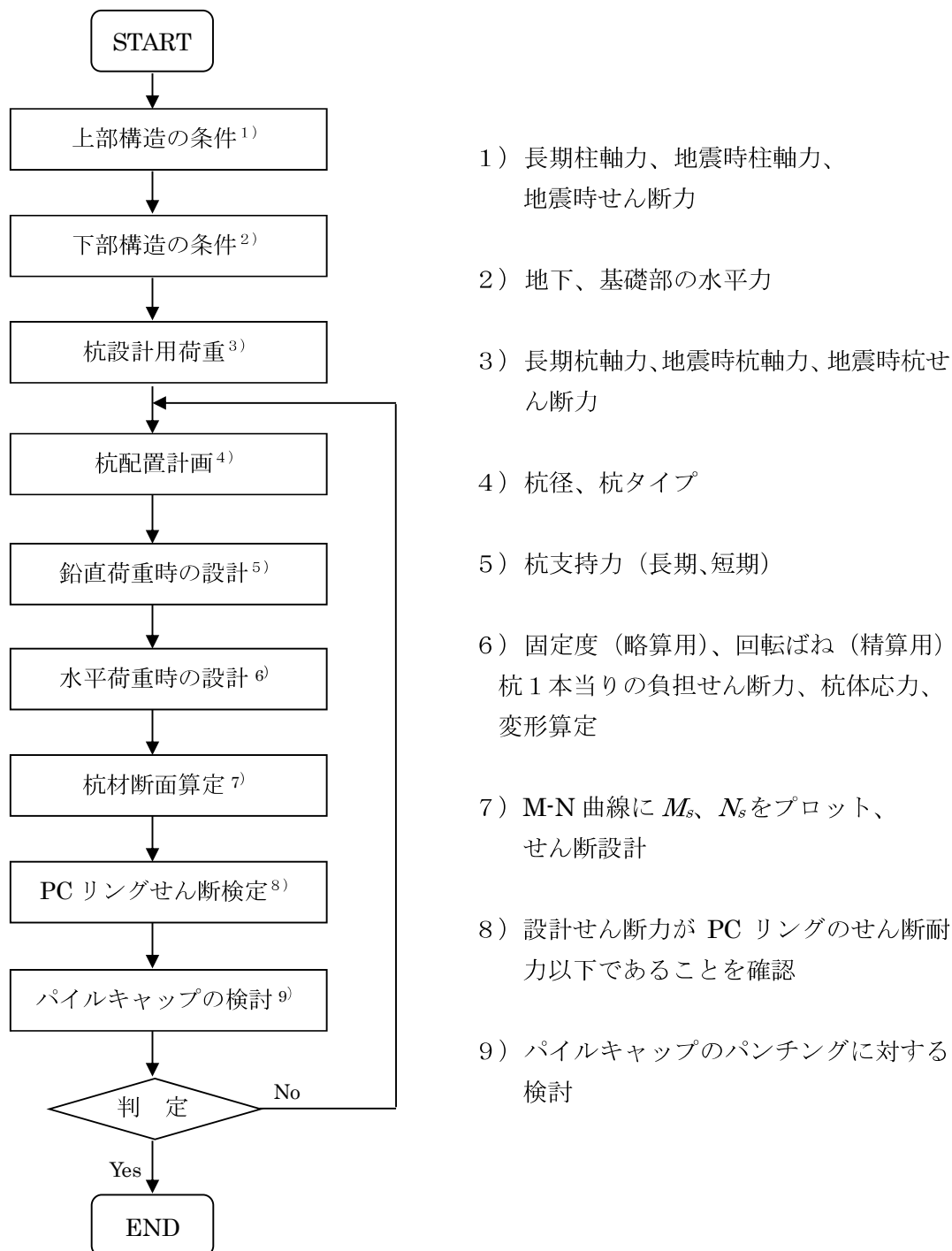


図 3.3.1 全体設計フロー

(2) 杭体応力・変形算定法

杭体応力・変形算定は、以下に示す解析法のいずれかにて行う。

(a) 一様地盤中の杭を対象とした解析法

Chang の式（弾性支承梁理論による略算法）に杭頭の固定度を考慮した次式を用いて杭体応力および杭頭変位を算定する。各杭の固定度は水平力に応じて変化するため、設計例に示すような応力再分配が必要となる。

$$\text{杭頭変位} \quad y_0 = \frac{Q}{4EI\beta^3} R_{y0} \quad (\text{m}) \quad \text{式 3.3.1}$$

$$\text{杭頭回転角} \quad \theta_0 = -\frac{Q}{2EI\beta^2} (1 - \alpha_r) \quad (\text{rad}) \quad \text{式 3.3.2}$$

$$\text{杭頭モーメント} \quad M_0 = \frac{Q}{2\beta} R_{M0} \quad (\text{kN} \cdot \text{m}) \quad \text{式 3.3.3}$$

$$\text{地中部最大曲げモーメント} \quad M_{\max} = -\frac{Q}{2\beta} R_{\max} \quad (\text{kN} \cdot \text{m}) \quad \text{式 3.3.4}$$

$$\text{地中部最大曲げモーメント発生深さ} \quad l_m = -\frac{1}{\beta} R_{lm} \quad (\text{m}) \quad \text{式 3.3.5}$$

ただし、

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K_h B}{4EI}} \quad (\text{m}^{-1}) \quad \text{式 3.3.6}$$

$$R_{y0} = 2 - \alpha_r \quad \text{式 3.3.7}$$

$$R_{M0} = \alpha_r \quad \text{式 3.3.8}$$

$$R_{\max} = \exp \left[-\tan^{-1} \left(\frac{1}{1 - \alpha_r} \right) \right] \sqrt{(1 - \alpha_r)^2 + 1} \quad \text{式 3.3.9}$$

$$R_{lm} = \tan^{-1} \left(\frac{1}{1 - \alpha_r} \right) \quad \text{式 3.3.10}$$

ここで、

Q : 杭頭の水平力 (kN)

K_h : 水平方向地盤反力係数 (kN/m³)

注) K_h の算出は日本建築学会の「建築基礎構造設計指針」に準拠する。

B : 杭径 (m)

E : 杭のヤング係数 (kN/m²)

I : 杭の断面二次モーメント (m⁴)

α_r : 杭頭の固定度(固定のとき 1、ピンのとき 0)

注) 上記算定式は杭長 L に関して $\beta L \geq 3.0$ の目安があり、 $\beta L < 3.0$ の場合は別途短杭としての計算による。

(b) 荷重増分解析による精算解析法

杭、地盤、杭頭ばねをモデル化した解析モデルにて荷重増分解析を行い、杭体応力および杭頭変位を算定する。

解析モデルは、杭を線材、地盤を水平ばねに置換し、杭頭ばねを非線形回転ばねとし、地震力を負担する全ての杭をモデル化する。

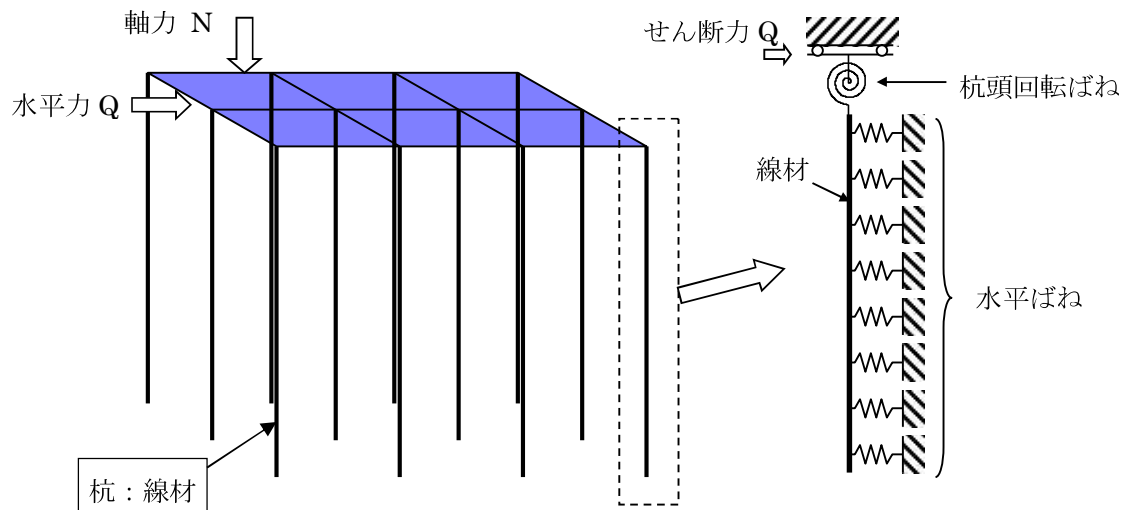


図 3.3.2 解析モデル

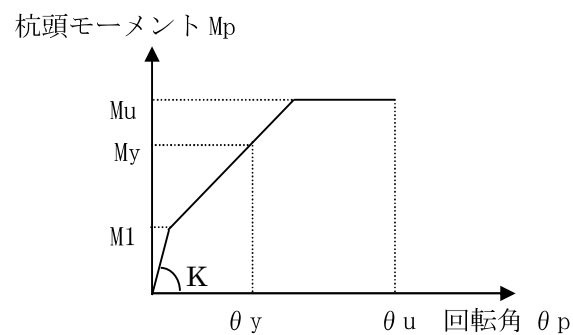


図 3.3.3 回転ばねの復元力特性

(c) 剛性マトリクスによる精算解析法

弾性床上の梁部材の剛性マトリクス法を用い、杭を骨組構造の一部材として杭体応力および変位を算定する。部材端力 $\mathbf{M}_i$ 、 $\mathbf{M}_j$ 、 $\mathbf{Q}_i$ 、 $\mathbf{Q}_j$ と部材端変位 y_i 、 y_j および部材端回転角 θ_i 、 θ_j の関係を示す剛性マトリクスは以下となる。

$$\mathbf{F}^i = \begin{Bmatrix} \mathbf{Q}_i^i \\ \mathbf{M}_i^i \\ \mathbf{Q}_j^i \\ \mathbf{M}_j^i \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \mathbf{A}_{11}^i & \mathbf{A}_{12}^i & \mathbf{A}_{13}^i & \mathbf{A}_{14}^i \\ \mathbf{A}_{21}^i & \mathbf{A}_{22}^i & \mathbf{A}_{23}^i & \mathbf{A}_{24}^i \\ \mathbf{A}_{31}^i & \mathbf{A}_{32}^i & \mathbf{A}_{33}^i & \mathbf{A}_{34}^i \\ \mathbf{A}_{41}^i & \mathbf{A}_{42}^i & \mathbf{A}_{43}^i & \mathbf{A}_{44}^i \end{Bmatrix} \times \begin{Bmatrix} y_i^i \\ \theta_i^i \\ y_j^i \\ \theta_j^i \end{Bmatrix} = \mathbf{A}^i \cdot \mathbf{u}^i \quad \text{式 3.3.11}$$

ここに、 i : 第 i 部材

$\mathbf{F}^i$: 第 i 部材の部材端力のベクトル

$\mathbf{A}^i$: 第 i 部材の剛性マトリクス

$\mathbf{u}^i$: 第 i 部材端変位ベクトル

$$\mathbf{A}_{11} = \mathbf{A}_{33} = \frac{4 \cdot \mathbf{E} \cdot \mathbf{I} \cdot \beta^3 \cdot (\sin \beta \ell \cdot \cos \beta \ell + \sinh \beta \ell \cdot \cosh \beta \ell)}{\sinh^2 \beta \ell - \sin^2 \beta \ell} \quad \text{式 3.3.12}$$

$$\mathbf{A}_{12} = \mathbf{A}_{21} = \frac{2 \cdot \mathbf{E} \cdot \mathbf{I} \cdot \beta^2 \cdot (\sinh^2 \beta \ell + \sin^2 \beta \ell)}{\sinh^2 \beta \ell - \sin^2 \beta \ell} \quad \text{式 3.3.13}$$

$$\mathbf{A}_{13} = \mathbf{A}_{31} = \frac{-4 \cdot \mathbf{E} \cdot \mathbf{I} \cdot \beta^3 \cdot (\cosh \beta \ell \cdot \sin \beta \ell + \sinh \beta \ell \cdot \cos \beta \ell)}{\sinh^2 \beta \ell - \sin^2 \beta \ell} \quad \text{式 3.3.14}$$

$$\mathbf{A}_{14} = \mathbf{A}_{41} = -\mathbf{A}_{32} = -\mathbf{A}_{23} = \frac{4 \cdot \mathbf{E} \cdot \mathbf{I} \cdot \beta^2 \cdot \sinh \beta \ell \cdot \sin \beta \ell}{\sinh^2 \beta \ell - \sin^2 \beta \ell} \quad \text{式 3.3.15}$$

$$\mathbf{A}_{22} = \mathbf{A}_{44} = \frac{2 \cdot \mathbf{E} \cdot \mathbf{I} \cdot \beta \cdot (\cosh \beta \ell \cdot \sinh \beta \ell - \sin \beta \ell \cdot \cos \beta \ell)}{\sinh^2 \beta \ell - \sin^2 \beta \ell} \quad \text{式 3.3.16}$$

$$\mathbf{A}_{42} = \mathbf{A}_{24} = \frac{2 \cdot \mathbf{E} \cdot \mathbf{I} \cdot \beta \cdot (\sin \beta \ell \cdot \cosh \beta \ell - \sinh \beta \ell \cdot \cos \beta \ell)}{\sinh^2 \beta \ell - \sin^2 \beta \ell} \quad \text{式 3.3.17}$$

$$\mathbf{A}_{43} = \mathbf{A}_{34} = -\mathbf{A}_{12} \quad \text{式 3.3.18}$$

ℓ : 第 i 部材の部材長

各節点での節点変位による釣り合い式は以下となり、杭頭のモーメント $\mathbf{M}_0$ と回転角 θ_0 が、設定したモデルと一致するように収束計算を行う。各杭の $\mathbf{M}_0$ と θ_0 の関係は杭ごとに異なるため、各杭の杭頭変位が等しくなるようなせん断力の再配分が必要となる。

$$\mathbf{F} = \begin{Bmatrix} f_Q^0 \\ f_M^0 \\ f_Q^1 \\ f_M^1 \\ \vdots \\ f_Q^{i-2} \\ f_M^{i-2} \\ f_Q^{i-1} \\ f_M^{i-1} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \mathbf{Q}_0 \\ \mathbf{M}_0 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \mathbf{A}_{11}^0 & \mathbf{A}_{12}^0 & \mathbf{A}_{13}^0 & \mathbf{A}_{14}^0 & \cdot & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{A}_{21}^0 & \mathbf{A}_{22}^0 & \mathbf{A}_{23}^0 & \mathbf{A}_{24}^0 & \cdot & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{A}_{31}^0 & \mathbf{A}_{32}^0 & \mathbf{A}_{33}^0 + \mathbf{A}_{11}^1 & \mathbf{A}_{34}^0 + \mathbf{A}_{12}^1 & \cdot & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{A}_{41}^0 & \mathbf{A}_{42}^0 & \mathbf{A}_{43}^0 + \mathbf{A}_{21}^1 & \mathbf{A}_{44}^0 + \mathbf{A}_{22}^1 & \cdot & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot & \mathbf{A}_{33}^{i-1} + \mathbf{A}_{11}^i & \mathbf{A}_{34}^{i-1} + \mathbf{A}_{12}^i & \mathbf{A}_{13}^i & \mathbf{A}_{14}^i \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot & \mathbf{A}_{43}^{i-1} + \mathbf{A}_{21}^i & \mathbf{A}_{44}^{i-1} + \mathbf{A}_{22}^i & \mathbf{A}_{23}^i & \mathbf{A}_{24}^i \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot & \mathbf{A}_{31}^i & \mathbf{A}_{32}^i & \mathbf{A}_{33}^i & \mathbf{A}_{34}^i \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot & \mathbf{A}_{41}^i & \mathbf{A}_{42}^i & \mathbf{A}_{43}^i & \mathbf{A}_{44}^i \end{Bmatrix} \times \begin{Bmatrix} y_0 \\ \theta_0 \\ y_1 \\ \theta_1 \\ \vdots \\ y_{i-2} \\ \theta_{i-2} \\ y_{i-1} \\ \theta_{i-1} \end{Bmatrix} \quad \text{式 3.3.19}$$

(3) 杭頭接合部設計フロー

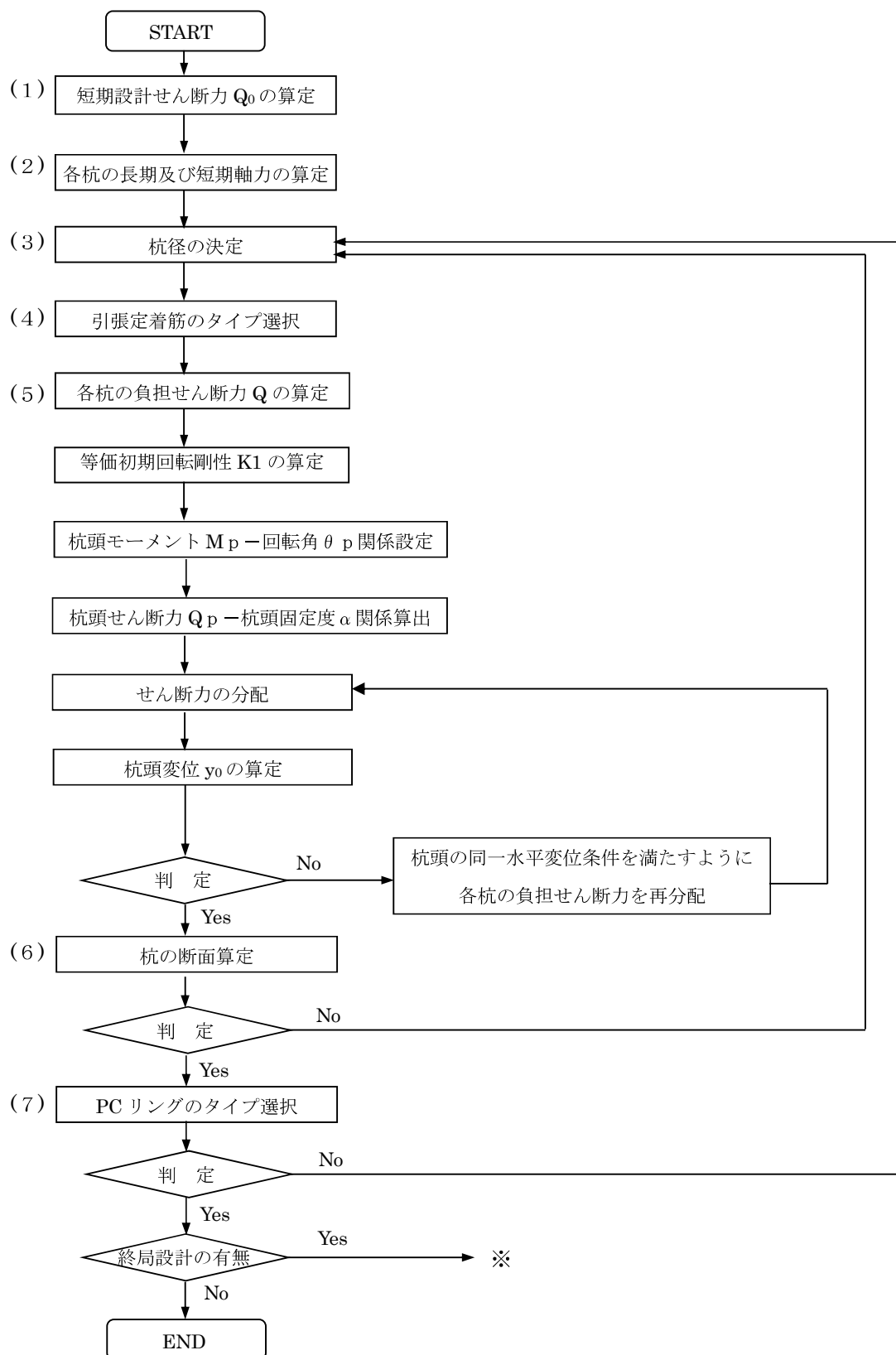


図 3.3.4 杭頭接合部設計フロー（略算、短期）

終局設計は、設計者の判断にて必要に応じて行うものとする。

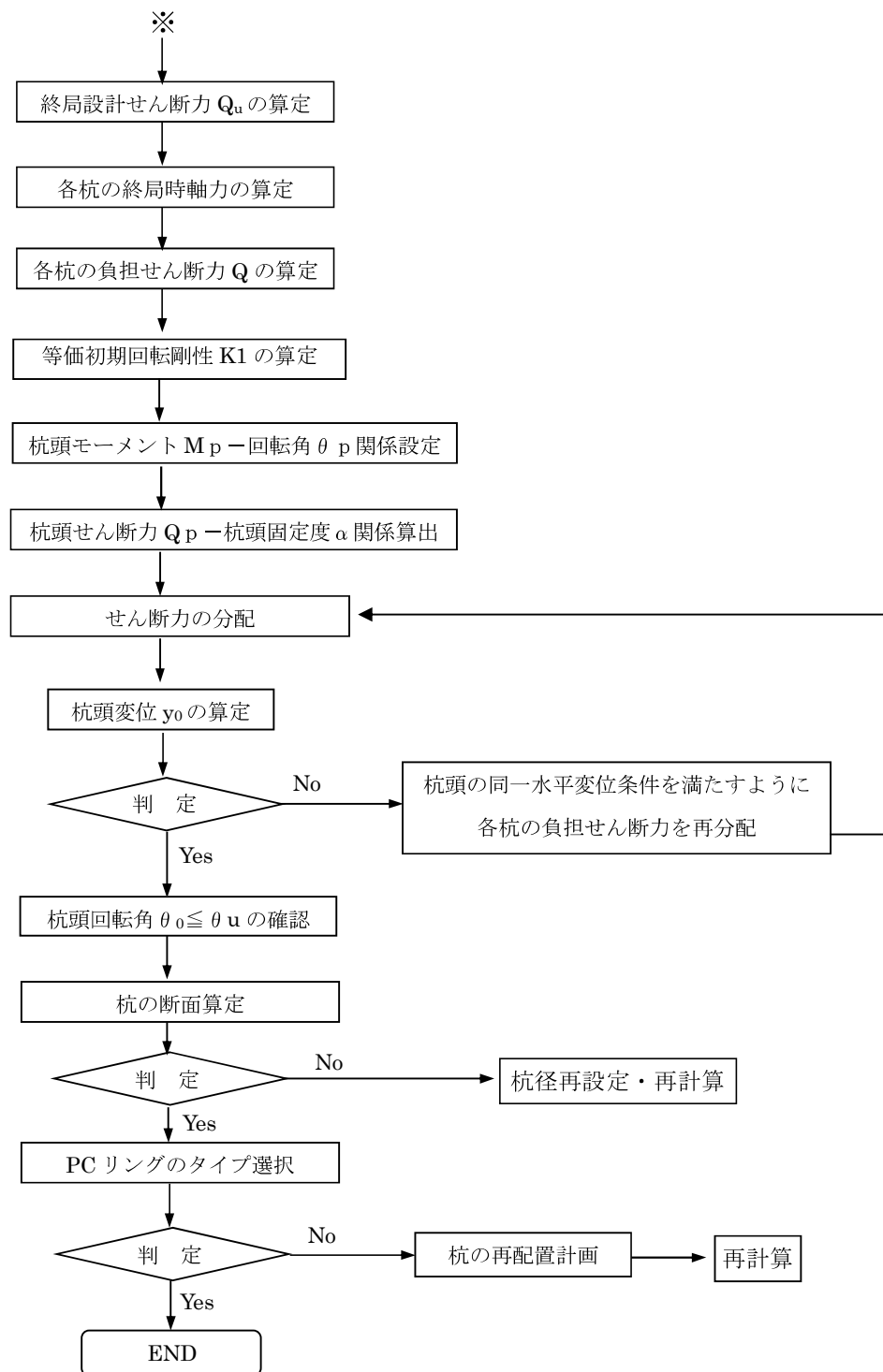


図 3.3.5 杭頭接合部設計フロー（略算、終局）

3.4 杭頭固定度評価法

(1) 杭頭接合部の曲げモーメントー回転角関係式の評価法

1) 杭頭接合部構造的な性能モデル化

杭頭回転特性は、図 3.4.1 に示す杭頭曲げモーメント M_p と回転角 θ_p の関係により評価する。

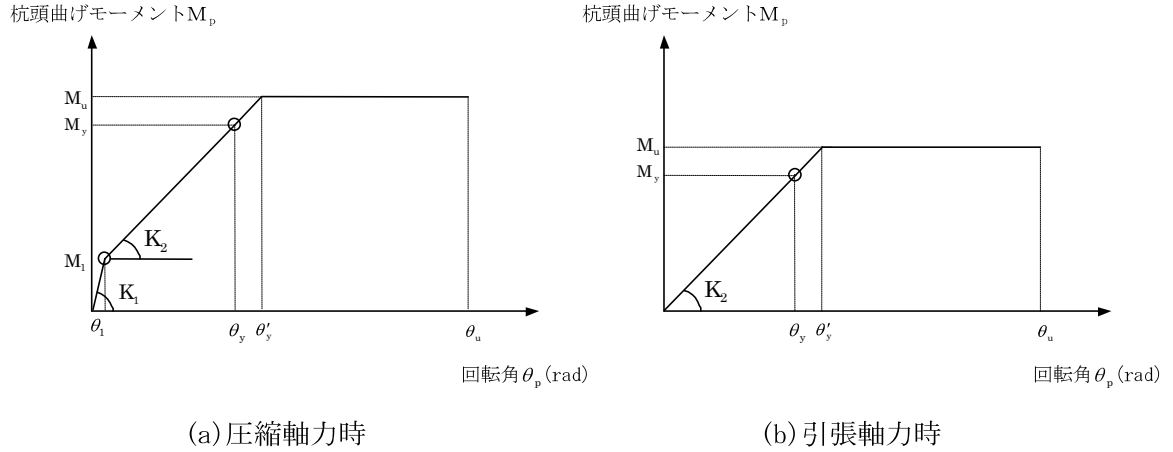


図 3.4.1 杭頭曲げモーメント M_p と回転角 θ_p の関係

ここに、 K_1 : 杭頭接合部の等価初期回転剛性

K_2 : 杭頭接合部の圧縮軸力時における 2 次回転剛性 $K_2 = \frac{M_y - M_1}{\theta_y - \theta_1}$

あるいは、引張軸力時における初期回転剛性 $K_2 = \frac{M_y}{\theta_y}$

M_1 : 離間時曲げモーメント

M_y : 降伏時曲げモーメント

M_u : 終局時曲げモーメント

θ_1 : 離間時回転角

θ_y : 降伏時回転角

θ'_y : 終局時回転角

θ_u : 限界回転角 ($=0.04\text{rad}$)

2) 設定値の算出法

a. 杭頭接合部の等価初期回転剛性 K_1

杭頭接合部の圧縮軸力時における等価初期回転剛性 K_1 は下式により算定する。

$$K_1 = K_e = \frac{1}{1/K_p + 1/K_c + 1/K_b} \quad \text{式 3.4.1}$$

ここに、 K_e : 初期回転剛性 (kN・m/rad)

K_p : 杭体部分の回転剛性 (kN・m/rad)

$$K_p = \frac{E_p \cdot I_p}{H_p} \quad \text{式 3.4.2}$$

E_p : 杭体のヤング係数 (kN/m²)

I_p : 杭体の断面二次モーメント (m⁴)

注) 但し、絞り部ありの場合には、絞り部径を杭径とみなす。

H_p : 杭体と P C リングの重なり長さ (m)

K_c : P C リング内コンクリートの回転剛性 (kN・m/rad)

$$K_c = \frac{E_c \cdot I_c}{H_c} \quad \text{式 3.4.3}$$

E_c : パイルキャップコンクリートのヤング係数 (kN/m²)

I_c : P C リング内側コンクリートの断面二次モーメント (m⁴)

注) 絞り有無にかかわらず、杭径断面とする。

H_c : 杭頭接合面から P C リング上端までの長さ (m)

K_b : パイルキャップ部分の回転剛性 (kN・m/rad)

$$K_b = \frac{E_b \cdot I_b}{H_b} \quad \text{式 3.4.4}$$

E_b : パイルキャップコンクリートのヤング係数 (kN/m²)

I_b : 仮想円柱のコンクリートの断面二次モーメント (m⁴)

注) 絞り有無にかかわらず、P C リング内径とする。

H_b : 仮想円柱の高さ (= D/2) (m)

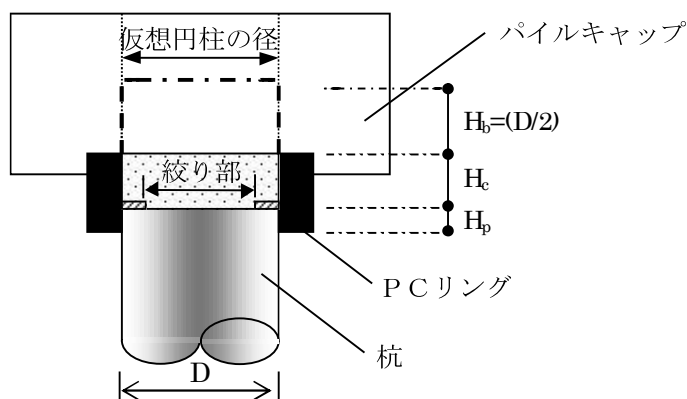


図 3.4.2 高さ等に関する記号

b. 離間時曲げモーメント M_l

引張応力が発生しない離間時曲げモーメント M_l は下式により算定する。

$$M_l = \sigma_0 \cdot Z \quad \text{式 3.4.5}$$

ここに、 σ_0 : 杭頭接合部の軸方向応力度 (kN/m²)

$$\sigma_0 = \frac{N}{A_g} \quad \text{式 3.4.6}$$

A_g : 杭頭接合部の断面積 (m²)

$$A_g = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \quad \text{式 3.4.7}$$

Z : 杭頭接合部の断面係数 (m³)

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot D^3 \quad \text{式 3.4.8}$$

D : 杭径 (m)

ただし、絞り部ありの場合には、絞り部径を杭径とみなす。

c. 降伏時曲げモーメント M_y 及び終局時曲げモーメント M_u

降伏時曲げモーメント M_y 及び終局時曲げモーメント M_u については、以下の仮定に基づいて算定する。

- ①断面力の釣合いとひずみ度の適合条件を考慮した塑性曲げ理論に基づいて算定する。
- ②解析における断面形状は、杭径を直径とする円形断面とする。ただし、絞り部がある場合、杭径を絞り部径とする。
- ③引張定着筋降伏時の曲げモーメントは、最外縁の引張定着筋が降伏するときの値とする。
- ④圧縮降伏時の曲げモーメントは、圧縮縁コンクリートが $0.85\sigma_{\max}$ に達したときの値とする。
- ⑤降伏時曲げモーメント M_y は、引張定着筋降伏時と圧縮降伏時の曲げモーメントのうち小さい方の値とする。ただし、引張定着筋を配置しない場合の降伏時曲げモーメントは、上記④に達したときの値とする。
- ⑥終局時曲げモーメント M_u は最大曲げモーメントとする。
- ⑦コンクリートの応力度 σ とひずみ度 ε の関係は下式とする。

$$\left. \begin{array}{ll} \cdot \varepsilon \leq 0 & : \sigma = 0 \\ \cdot 0 < \varepsilon & : \sigma = 6.75 \cdot \{e^{-0.812(\varepsilon / \varepsilon_B)} - e^{-1.218(\varepsilon / \varepsilon_B)}\} \cdot \sigma_{\max} \\ \cdot \varepsilon_B < \varepsilon & : \sigma = \sigma_{\max} \end{array} \right\} \quad \text{式 3.4.9}$$

ここに、 ε_B : コンクリート最大強度時のひずみ度で $\varepsilon_B = 0.003$ とする。

$\sigma_{\max}$: コンクリート最大強度で $\sigma_{\max} = \frac{F_c}{\nu^2}$ とする。

F_c : コンクリートの設計基準強度で杭体、パイルキャップの設計基準強度のうち、最小の値とする。

ν : 絞り係数

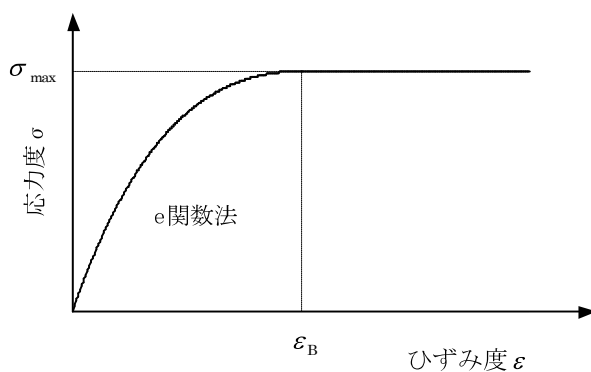


図 3.4.3 コンクリートの応力度－ひずみ度関係

⑧引張定着筋の応力度 σ とひずみ度 ε の関係は下式とする。

$$\left. \begin{array}{ll} \bullet \varepsilon < -\varepsilon_y & : \sigma = -\sigma_y \\ \bullet -\varepsilon_y < \varepsilon \leq \varepsilon_y & : \sigma = E_s \cdot \varepsilon \\ \bullet \varepsilon_y < \varepsilon & : \sigma = \sigma_y \end{array} \right\} \text{式 3.4.10}$$

ここに、 σ_y : 引張定着筋降伏点強度

ε_y : 引張定着筋降伏時ひずみ度 ($= \sigma_y / E_s$)

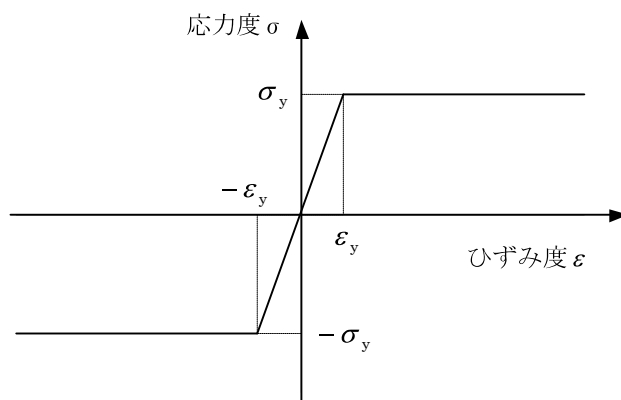


図 3.4.4 引張定着筋の応力度－ひずみ度関係

d. 降伏時回転角 θ_y

断面解析における曲率から降伏時回転角 θ_y への換算は、杭体のヒンジ領域を杭径とし、ヒンジ領域では一定の曲率であると仮定した下式で評価する。

$$\theta_y = \int_0^D \phi_y \cdot dx = [\phi_y \cdot D]_0^D = \phi_y \cdot D \quad \text{式 3.4.11}$$

ここに、 ϕ_y : 前項 c. で算定される M_y 時曲率

D : 杭径

ただし、杭頭接合部に絞り部がある場合には、杭径を絞り部径とみなす。

x : 杭頭からの距離

3) 杭頭の固定度の算定

水平地盤反力係数 k_h が一定の地盤にある長い杭を想定すると、杭頭曲げモーメント M_p と杭頭回転角 θ_p はそれぞれ次式で算定できる。

$$M_p = \frac{Q_p}{2 \cdot \beta} \cdot \alpha \quad \text{式 3.4.12}$$

$$\theta_p = \frac{Q_p}{2 \cdot E_p \cdot I_p \cdot \beta^2} \cdot (1 - \alpha) \quad \text{式 3.4.13}$$

ここに、 α : 固定度

Q_p : 杭頭せん断力

β : 杭の特性値

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k_h \cdot B}{4 \cdot E_p \cdot I_p}} \quad \text{式 3.4.14}$$

B : 杭径

E_p : 杭体のヤング係数 (kN/m²)

I_p : 杭体の断面二次モーメント (m⁴)

注) 絞り部の有無にかかわらず杭径断面とする。

さらに、等価剛性 K_e は式 3.4.15 で表され、上記の式 3.4.12 および式 3.4.13 の関係から固定度 α は式 3.4.16 となる。

$$K_e = \frac{M_p}{\theta_p} \quad \text{式 3.4.15}$$

$$\alpha = \frac{K_e}{E_p \cdot I_p \cdot \beta + K_e} \quad \text{式 3.4.16}$$

また、等価剛性 K_e は、図 3.4.1 に示すようなトリリニアに置換した杭頭曲げモーメント M_p と回転角 θ_p の関係から以下となる。

$$\bullet 0 < \theta \leq \theta_1 : K_e = K_1 \quad \text{式 3.4.17}$$

$$\bullet \theta_1 < \theta \leq \theta'_y : K_e = (K_1 - K_2) \cdot \frac{\theta_1}{\theta} + K_2 \quad \text{式 3.4.18}$$

$$\bullet \theta'_y < \theta : K_e = (K_1 - K_2) \cdot \frac{\theta_1}{\theta} + K_2 \cdot \frac{\theta'_y}{\theta} \quad \text{式 3.4.19}$$

(2) 杭頭接合部の曲げ耐力の算定法

短期許容曲げモーメント M_a は、降伏時曲げモーメント M_y 算定に用いたモーメントー曲率関係において、以下の条件に達した時点の曲げモーメント①、②のうち、小さい方の値とする。ただし、引張定着筋を配置しない場合には、以下の②の条件に達したときの値とする。

①最外縁の引張定着筋が降伏するとき

②圧縮縁コンクリートが短期許容圧縮応力度 $(2/3 \times F_c / v^2)$ に達したとき

ここに、 v : 絞り係数

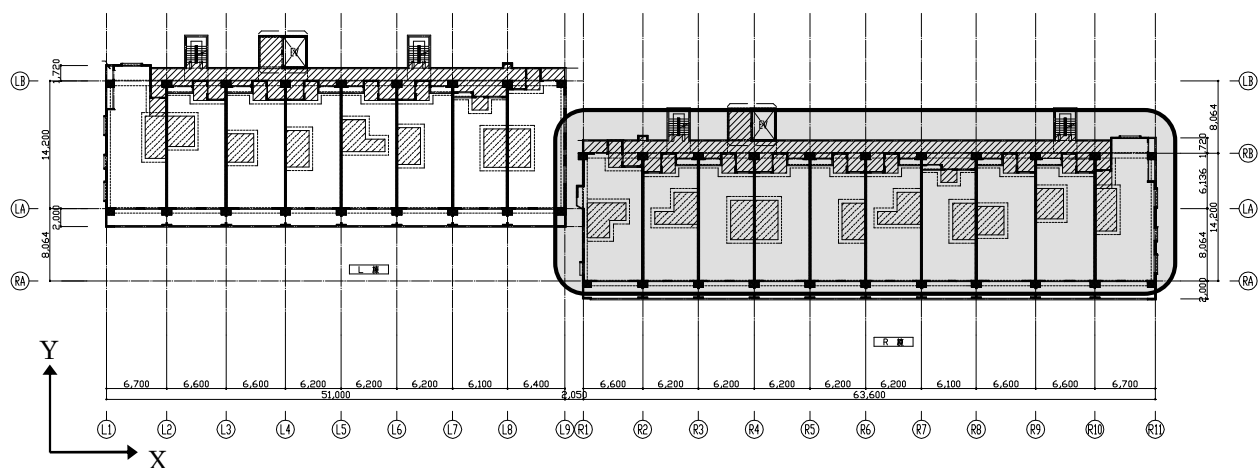
以上により、杭頭接合部応力が引張を含む軸力・曲げ許容応力度内にあることを検定する。

3.5 設計例

(1) 仮定条件

用 途 : 住宅
 階 数 : 地上 15 階、地下なし
 構造種別 : 鉄筋コンクリート造
 構造形式 : X 方向純ラーメン構造 Y 方向耐震壁付ラーメン構造
 基礎構法 : 杭基礎
 杭 : 場所打ちコンクリート杭 $\phi 2000$
 杭長 : 26m
 支持層 : 細砂層 (地盤反力係数は一律 5000kN/m^3 とする)

基準階伏図



(2) 設計条件

① 杭

杭径 $\phi 2000$
 コンクリート強度 : $F_c 30\text{N/mm}^2$
 ヤング係数 : $E = 26600\text{N/mm}^2$
 断面二次モーメント : $I = 7.85 \times 10^{11}\text{mm}^4$

② フーチング

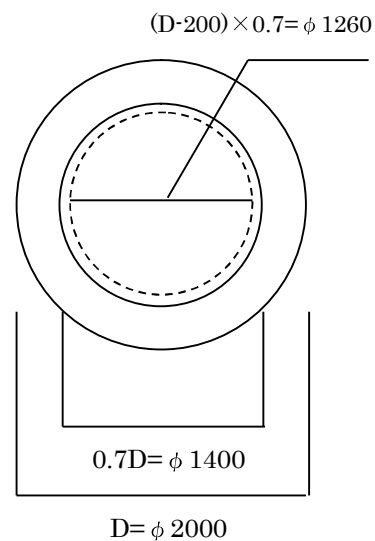
コンクリート強度 : $F_c 30\text{N/mm}^2$
 ヤング係数 : $E = 26600\text{N/mm}^2$

③ 地盤

地盤反力係数 : $K_h = 5000\text{kN/m}^3$ ($= 0.005\text{N/mm}^3$)

④ 絞り部

コンクリート強度 : $F_c 30 / \nu^2 = 30 / 0.7^2 = 60\text{N/mm}^2$



(3) 準備計算

1) 短期設計せん断力 Q_0 の算定

短期設計せん断力 $Q_0=40970 \text{ kN}$ ($C_B=0.2$ に相当)

杭一本あたり ${}_0Q=40970 \div 22=1862 \text{ kN}$

2) 各杭の長期及び短期軸力の算定 (単位: kN)

	P3	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P3	杭符号
	8097	11629	11305	11327	11351	11374	11332	11619	12005	12116	6555	長期
Y2	12763	19168	19162	19363	19559	19754	19883	20883	20339	20912	8517	短期正
	3431	4090	3448	3291	3143	2994	2781	2899	3098	3242	4593	短期負
	17429	26707	27019	27399	27767	28134	28434	29059	29819	29864	10479	終局正
	-1235	-3449	-4409	-4745	-5065	-5386	-5770	-5821	-5809	-5632	2631	終局負

	P3	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P3	杭符号
	7237	11640	11132	11219	11038	11144	10902	11280	11402	11602	7240	長期
Y1	2726	3937	3258	3182	2830	2764	2350	2563	2499	2778	5248	短期正
	11746	19343	19006	19256	19246	19524	19454	19997	20305	20426	9232	短期負
	-1785	-3766	-4616	-4855	-5378	-5616	-6202	-6154	-6404	-6046	3256	終局正
	16259	27046	26880	27293	27454	27904	28006	28714	29208	29250	11224	終局負
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	

注 1) Y 方向 (短辺方向) 加力時のみの表示とする。

注 2) ハッチ部分は引き抜きが生じている杭を示す。

注 3) 引張定着筋のタイプは終局時の引抜き力から決定し、杭符号ごとにタイプを同一としている。なお、終局時の設計せん断力は短期の 2.0 倍 ($C_B=0.4$ に相当) とする。

3) 杭径の決定

杭径は設定した杭径と同径の 2000 ϕ とする。

4) 引張定着筋のタイプ選択

本設計例では、引張定着筋は終局時の引抜き力の 1.5 倍程度の引張耐力となるように用いることとする。

P1 : 16-D41 (SD490) (引張耐力 10510kN > 6404kN)

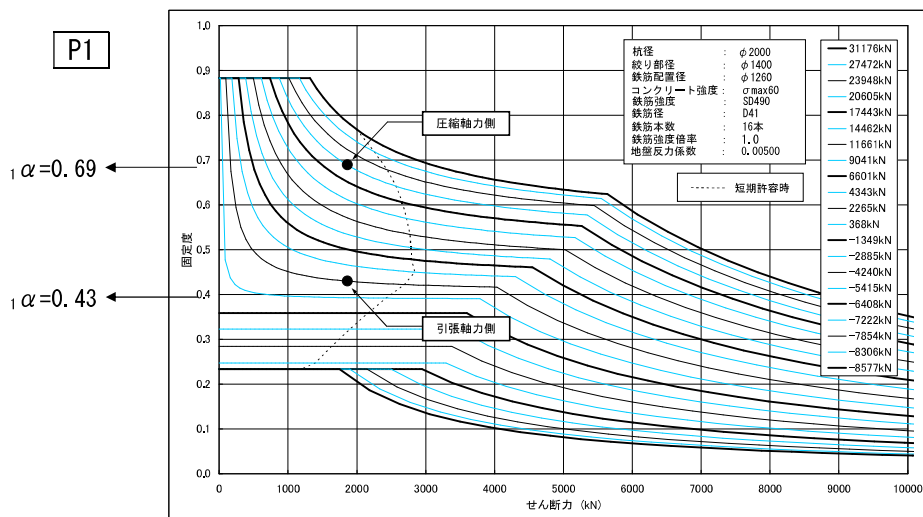
P2 : 12-D41 (SD490) (引張耐力 7880kN > 4855kN)

P3 : 8-D38 (SD490) (引張耐力 4470kN > 1785kN)

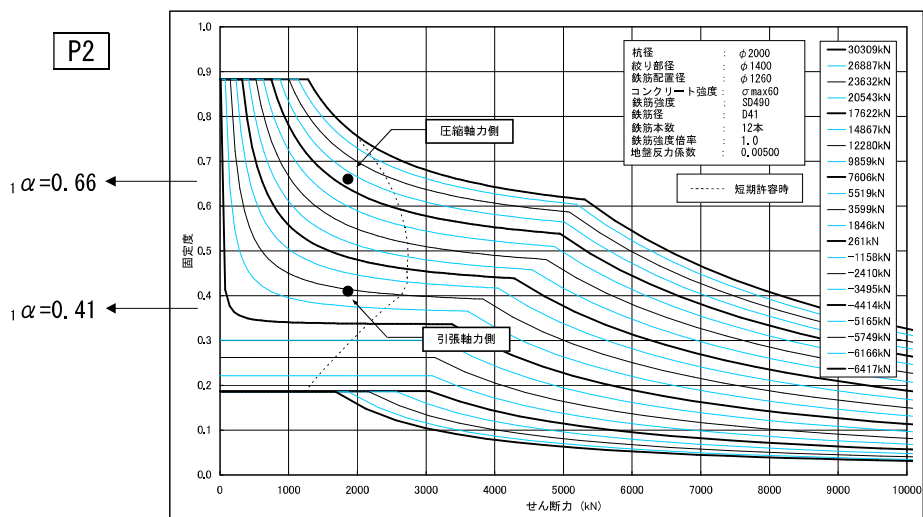
(4) 負担せん断力算定

①収束計算 1 回目

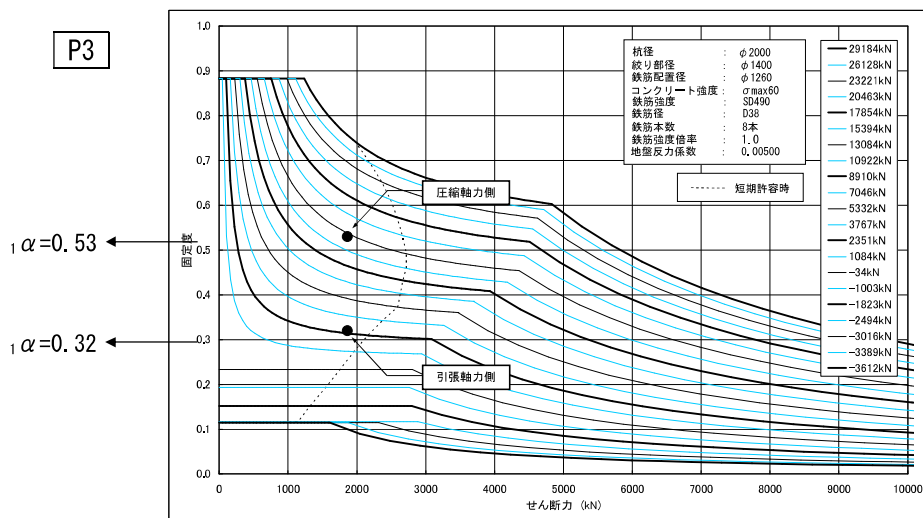
Q- α 関係より、せん断力 $Q=1862 \text{ kN}$ と、軸力（圧縮・引張）に対応する固定度を算出する。



P1 軸力
20912kN(圧縮側)
～
2350kN(引張側)



P2 軸力
19363kN(圧縮側)
～
3182kN(引張側)



P3 軸力
12763kN(圧縮側)
～
2726kN(引張側)

P 1 : (圧縮側) ${}_1\alpha = 0.69$ (引張側) ${}_1\alpha = 0.43$

P 2 : (圧縮側) ${}_1\alpha = 0.66$ (引張側) ${}_1\alpha = 0.41$

P 3 : (圧縮側) ${}_1\alpha = 0.53$ (引張側) ${}_1\alpha = 0.32$

②せん断力の再分配

Chang の式より杭の変形は

$$y_0 = \frac{Q}{4EI\beta^3} R_{y0}, \quad R_{y0} = 2 - \alpha$$

で算出できる。杭径や地盤の係数等が同一で、各杭の杭頭変形が等しくなることから、杭の剛性比は $1/R_{y0} = 1/(2 - \alpha)$ で表される。これに従い杭のせん断力の再分配を行うと 3 グループのせん断力 ${}_1Q$ は以下となる。

グループ	P1		P2		P3	
	圧縮	引張	圧縮	引張	圧縮	引張
${}_1\alpha$	0.69	0.43	0.66	0.41	0.53	0.32
剛性比 $1/(2 - \alpha)$	0.763	0.635	0.746	0.625	0.679	0.595
本数	6	6	3	3	2	2
本数×剛性比	4.58	3.81	2.24	1.89	1.36	1.19
せん断力 ${}_1Q$ (kN)	2075	1726	2030	1713	1849	1618
杭頭変位 (mm)	26.06	31.23	26.66	31.63	29.24	33.42

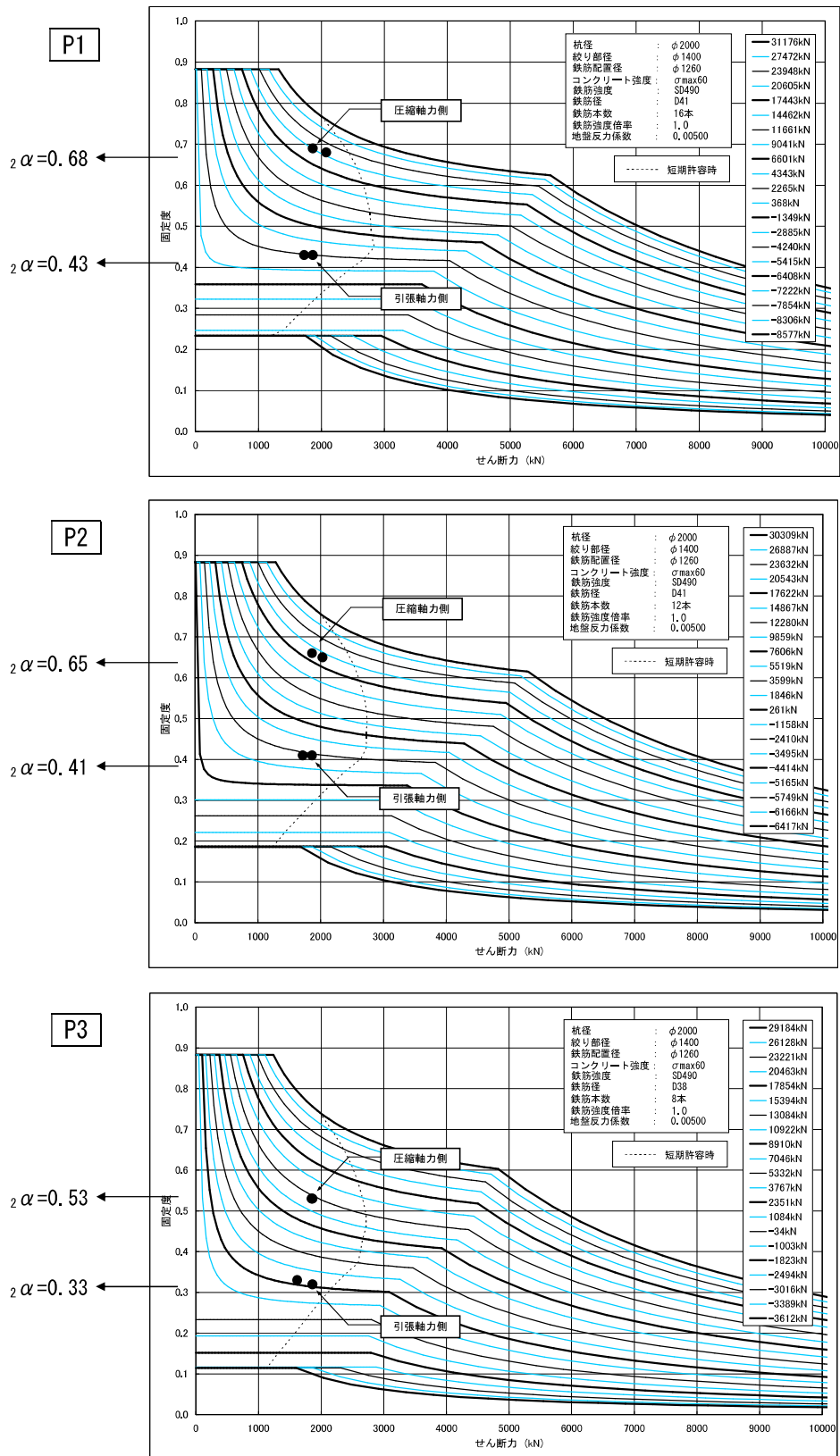
各杭の杭頭変位が同じとなるように、収束計算を行う。

③収束計算 2 回目

同様に、各杭のせん断力 ${}_1Q$ と軸力（圧縮・引張）に対応する固定度を、 $Q-\alpha$ 関係より算出する。

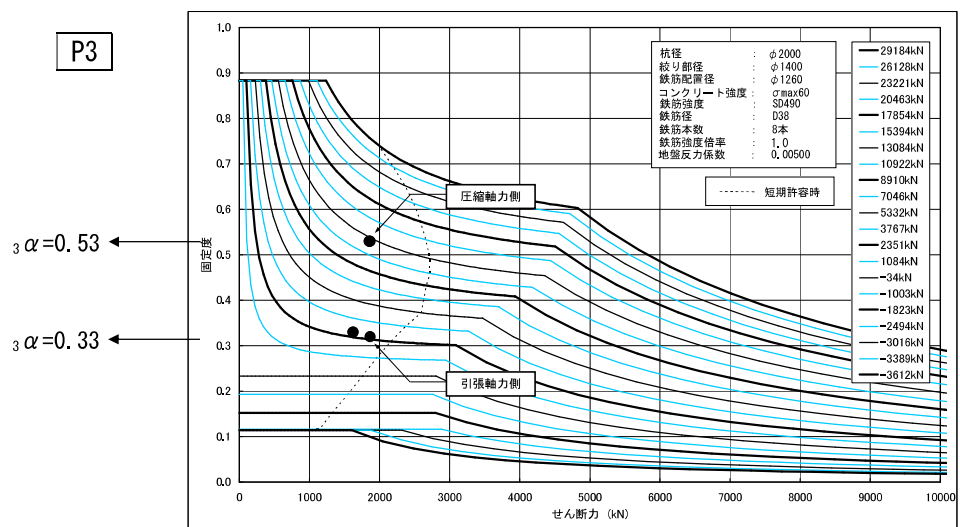
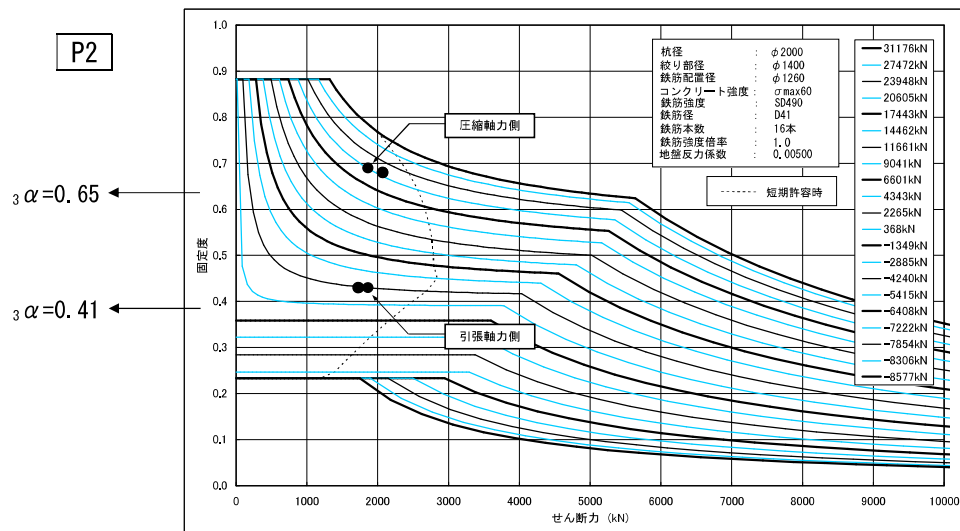
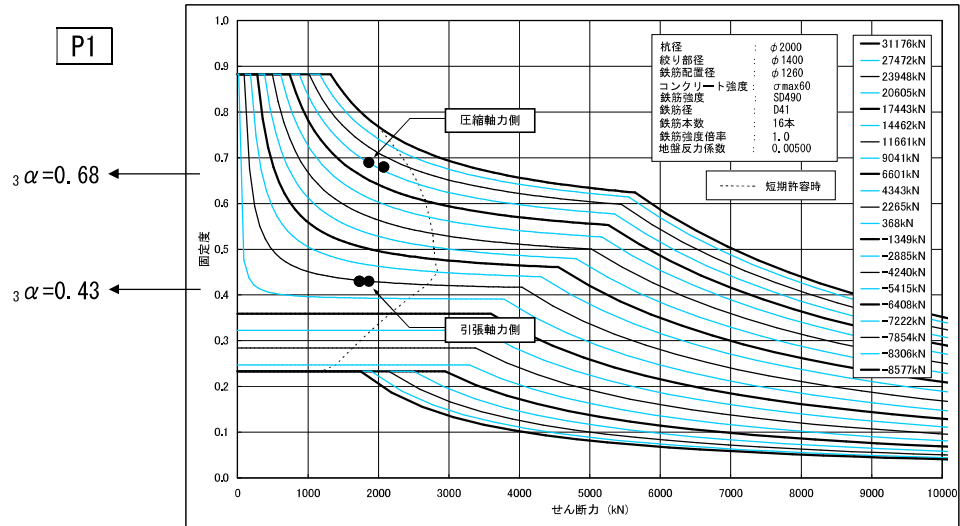
グループ	P1		P2		P3	
	圧縮	引張	圧縮	引張	圧縮	引張
${}_2\alpha$	0.68	0.43	0.65	0.41	0.53	0.33
剛性比 $1/(2 - \alpha)$	0.758	0.636	0.741	0.629	0.680	0.597
本数	6	6	3	3	2	2
本数×剛性比	4.55	3.81	2.22	1.89	1.36	1.19
せん断力 ${}_2Q$ (kN)	2069	1732	2018	1718	1855	1623
杭頭変位 (mm)	29.26	28.95	29.28	29.10	29.04	28.87

収束計算 2 回目



④収束計算 3 回目

同様に、 Q - α 関係より、各杭のせん断力 Q と軸力（圧縮・引張）に対応する固定度を算出する。



(5) 断面算定

1) 変位の算定 杭体応力の算出

以下の式を用いて杭頭変位・応力を算定する。

・杭頭変位の算定

$$y_0 = \frac{Q}{4EI\beta^3} R_{y0} \text{ (mm)} \quad R_{y0} = 2 - \alpha$$

・杭頭モーメント M_0 の算定

$$M_0 = \frac{Q}{2\beta} R_{M0} \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

・地中部最大曲げモーメント $M_{\max}$ の算定

$$R_{\max} = \exp \left[-\tan^{-1} \left(\frac{1}{1 - \alpha_r} \right) \right] \sqrt{(1 - \alpha_r)^2 + 1}$$

・地中部最大曲げモーメント発生深さ

$$R_{lm} = \tan^{-1} \left(\frac{1}{1 - \alpha_r} \right)$$

$$M_{\max} = -\frac{Q}{2\beta} R_{\max} \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

$$lm = -\frac{1}{\beta} R_{lm} \text{ (m)}$$

グループ	P1		P2		P3	
	圧縮	引張	圧縮	引張	圧縮	引張
軸力 (kN)	20912	2350	19363	3182	12763	2726
杭頭せん断力 ${}_2Q$ (kN)	2069	1732	2018	1718	1855	1623
${}_3\alpha$	0.68	0.43	0.65	0.41	0.53	0.33
変位比 R_{y0}	1.32	1.57	1.35	1.59	1.47	1.67
杭頭変位 (mm)	29.2	29.1	29.1	29.2	29.1	29.0
杭頭M (kN・m)	6582	3484	6137	3295	4600	2506
杭中間部M (kN・m)	2880	3255	2912	3306	3093	3429
発生深さ (m)	11.8	9.9	11.5	9.7	10.6	9.2

2) 曲げモーメントの検討

M (kN・m)		杭頭部 絞り部検討用	杭頭部 杭体検討用	杭中間部
P1	圧縮側	6582	5595	2880
	引張側	3484	2961	3255
P2	圧縮側	6137	5216	2912
	引張側	3295	2801	3306
P3	圧縮側	4600	3910	3093
	引張側	2506	2130	3429

杭体検討用の杭頭部の曲げは、絞り部検討用曲げの 0.85 倍^{注)}した値を採用する。

注) 杭頭部は引張定着筋と杭主筋が重なるため、杭主筋の断面算定用曲げモーメントは下記文献を参考に杭頭曲げモーメントの 0.85 倍とした。

文献) 吉川他：場所打ち杭用杭頭半固定工法の開発 その 7 杭頭主筋算定用曲げモーメント，日本建築学会大会，B-1，pp.361-362，2006

以下の M-N 曲線の図より、杭の必要鉄筋比が求められる。

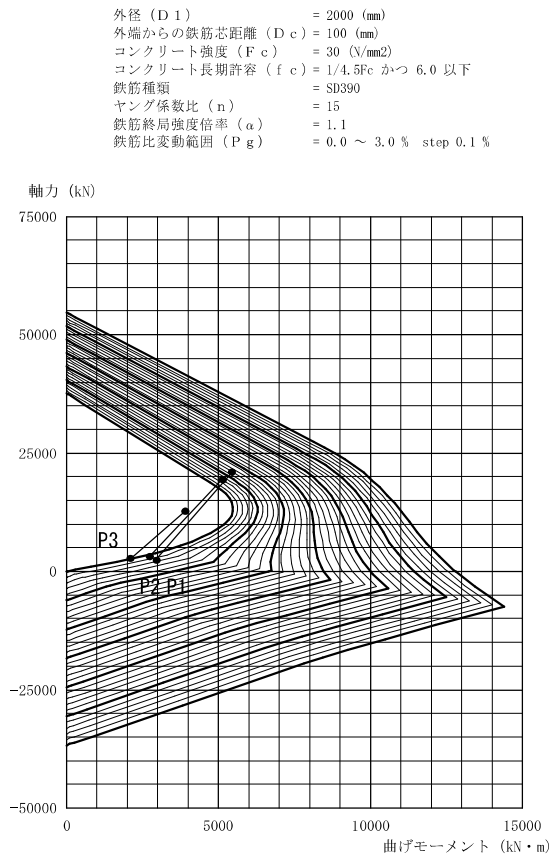
P 1 : (杭頭部) $P_g = 0.8\%$ 、 0.2% (中間部) $P_g = 0.3\%$ 、 0.0%

P 2 : (杭頭部) $P_g = 0.4\%$ 、 0.1% (中間部) $P_g = 0.3\%$ 、 0.0%

P 3 : (杭頭部) $P_g = 0.0\%$ 、 0.1% (中間部) $P_g = 0.3\%$ 、 0.0%

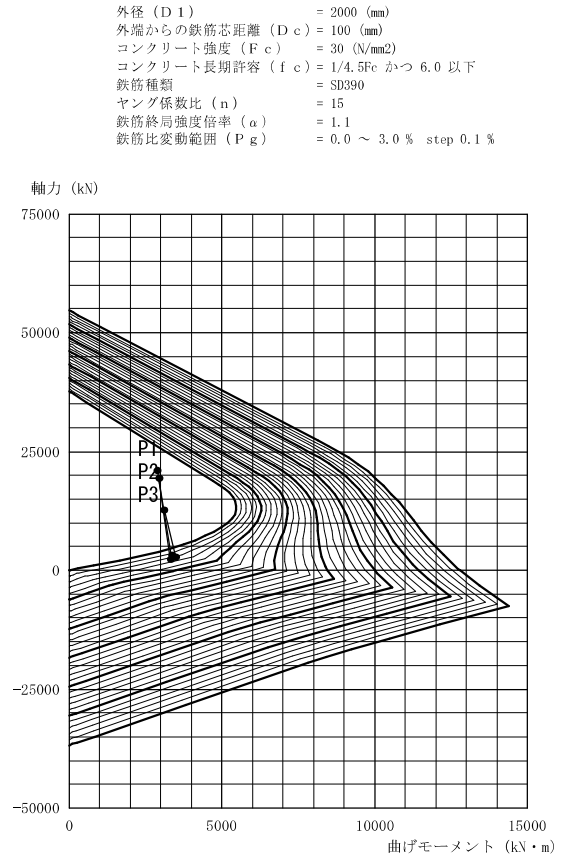
杭頭部モーメント

杭耐力曲線(短期)



杭中間部モーメント

杭耐力曲線(短期)



3) セン断力の検討

次ページの表より、各杭のせん断補強筋を決定する。

P 1 : $Q = 2069 \text{ (kN)} \times 1.5 = 3104 \text{ (kN)} \rightarrow U 15@75$ ($p_w = 0.23\%$, $Q_{AS} = 3249 \text{ kN}$)

P 2 : $Q = 2018 \text{ (kN)} \times 1.5 = 3027 \text{ (kN)} \rightarrow U 15@75$ ($p_w = 0.23\%$, $Q_{AS} = 3249 \text{ kN}$)

P 3 : $Q = 1855 \text{ (kN)} \times 1.5 = 2783 \text{ (kN)} \rightarrow U 15@100$ ($p_w = 0.17\%$, $Q_{AS} = 2822 \text{ kN}$)

※杭頭 1 D の補強筋量の検討は、「せん断補強筋間隔 100mm 以下、かつせん断補強筋比 0.15% 以上」の規定を満足しているため省略する。

抗体の許容せん断力一覧

No.	D (mm)	ウルボンスバイラルせん断補強筋仕様 (p _w (%))				
		短期許容せん断力: Q _{AS} (kN) (Q _{AS} / Q _{ac})				
		1	2	3	4	
11	800	U12.6@75 (0.42 %)	U12.6@100 (0.31 %)	U12.6@125 (0.25 %)	U12.6@150 (0.21 %)	
	332	677 (2.04)	564 (1.70)	495 (1.49)	450 (1.35)	
12	900	U12.6@75 (0.37 %)	U12.6@100 (0.28 %)	U12.6@125 (0.22 %)	U12.6@150 (0.18 %)	
	429	809 (1.89)	678 (1.58)	600 (1.40)	548 (1.28)	
13	1000	U12.6@75 (0.33 %)	U12.6@100 (0.25 %)	U12.6@125 (0.20 %)	U12.6@150 (0.17 %)	
	537	948 (1.77)	801 (1.49)	713 (1.33)	654 (1.22)	
14	1100	U12.6@75 (0.30 %)	U12.6@100 (0.23 %)	U12.6@125 (0.18 %)	U12.6@150 (0.15 %)	
	658	1096 (1.67)	933 (1.42)	834 (1.27)	769 (1.17)	
15	1200	U12.6@75 (0.28 %)	U12.6@100 (0.21 %)	U12.6@125 (0.17 %)	U12.6@150 (0.14 %)	
	791	1252 (1.58)	1072 (1.35)	964 (1.22)	892 (1.13)	
16	1300	U15@75 (0.35 %)	U15@100 (0.26 %)	U15@125 (0.21 %)	U15@150 (0.17 %)	
	936	1701 (1.82)	1433 (1.53)	1272 (1.36)	1165 (1.24)	
17	1400	U15@75 (0.32 %)	U15@100 (0.24 %)	U15@125 (0.19 %)	U15@150 (0.16 %)	
	1094	1898 (1.73)	1607 (1.47)	1432 (1.31)	1316 (1.20)	
18	1500	U15@75 (0.30 %)	U15@100 (0.23 %)	U15@125 (0.18 %)	U15@150 (0.15 %)	
	1264	2102 (1.66)	1789 (1.42)	1601 (1.27)	1475 (1.17)	
19	1600	U15@75 (0.28 %)	U15@100 (0.21 %)	U15@125 (0.17 %)	U15@150 (0.14 %)	
	1446	2315 (1.60)	1979 (1.37)	1777 (1.23)	1643 (1.14)	
20	1700	U15@75 (0.27 %)	U15@100 (0.20 %)	U15@125 (0.16 %)	U15@150 (0.13 %)	
	1640	2537 (1.55)	2177 (1.33)	1962 (1.20)	1818 (1.11)	
21	1800	U15@75 (0.25 %)	U15@100 (0.19 %)	U15@125 (0.15 %)	U15@150 (0.13 %)	
	1846	2766 (1.50)	2384 (1.29)	2155 (1.17)	2002 (1.08)	
22	1900	U15@75 (0.24 %)	U15@100 (0.18 %)	U15@125 (0.14 %)	U15@150 (0.12 %)	
	2065	3003 (1.45)	2599 (1.26)	2356 (1.14)	2194 (1.06)	
23	2000	U15@75 (0.23 %)	U15@100 (0.17 %)	U15@125 (0.14 %)	U15@150 (0.11 %)	
	2295	3249 (1.42)	2822 (1.23)	2565 (1.12)	2395 (1.04)	
24	2100	U17@75 (0.27 %)	U17@100 (0.20 %)	U17@125 (0.16 %)	U17@150 (0.14 %)	
	2538	3971 (1.56)	3404 (1.34)	3064 (1.21)	2837 (1.12)	
25	2200	U17@75 (0.26 %)	U17@100 (0.19 %)	U17@125 (0.16 %)	U17@150 (0.13 %)	
	2793	4257 (1.52)	3661 (1.31)	3304 (1.18)	3065 (1.10)	
26	2300	U17@75 (0.25 %)	U17@100 (0.19 %)	U17@125 (0.15 %)	U17@150 (0.12 %)	
	3061	4551 (1.49)	3926 (1.28)	3552 (1.16)	3302 (1.08)	
27	2400	U17@75 (0.24 %)	U17@100 (0.18 %)	U17@125 (0.14 %)	U17@150 (0.12 %)	
	3340	4853 (1.45)	4200 (1.26)	3808 (1.14)	3547 (1.06)	
28	2500	U17@75 (0.23 %)	U17@100 (0.17 %)	U17@125 (0.14 %)	U17@150 (0.11 %)	
	3632	5163 (1.42)	4481 (1.23)	4073 (1.12)	3800 (1.05)	
29	2600	U17@75 (0.22 %)	U17@100 (0.16 %)	U17@125 (0.13 %)	U17@150 (0.11 %)	
	3936	5482 (1.39)	4771 (1.21)	4345 (1.10)	4061 (1.03)	
30	2700	U17@75 (0.21 %)	U17@100 (0.16 %)	U17@125 (0.13 %)	U17@150 (0.11 %)	
	4252	5808 (1.37)	5069 (1.19)	4626 (1.09)	4331 (1.02)	
31	2800	U17@75 (0.20 %)	U17@100 (0.15 %)	U17@125 (0.12 %)	U17@150 (0.10 %)	
	4581	6143 (1.34)	5376 (1.17)	4915 (1.07)	4608 (1.01)	
32	2900	U17@75 (0.20 %)	U17@100 (0.15 %)	U17@125 (0.12 %)	—	
	4922	6486 (1.32)	5690 (1.16)	5212 (1.06)	—	
33	3000	U17@75 (0.19 %)	U17@100 (0.14 %)	U17@125 (0.11 %)	—	
	5274	6837 (1.30)	6013 (1.14)	5518 (1.05)	—	
NOTE	1. 杭体コンクリート強度 Fc=30N/mm ²					
	2. D (mm) : 杭径					
	3. Q _{ac} = b _j · f _c (f _c =0.89N/mm ²)			b = (D/4) · π		
	4. Q _{AS} = b _j { f _s + 0.5 · f _c · (p _w -0.001) }			p _w = a _w / (b · x) · π / 4 = a _w / (D · x)		
	5. f _s f _c = 585 N/mm ²					

円形柱耐力曲線 (短期)

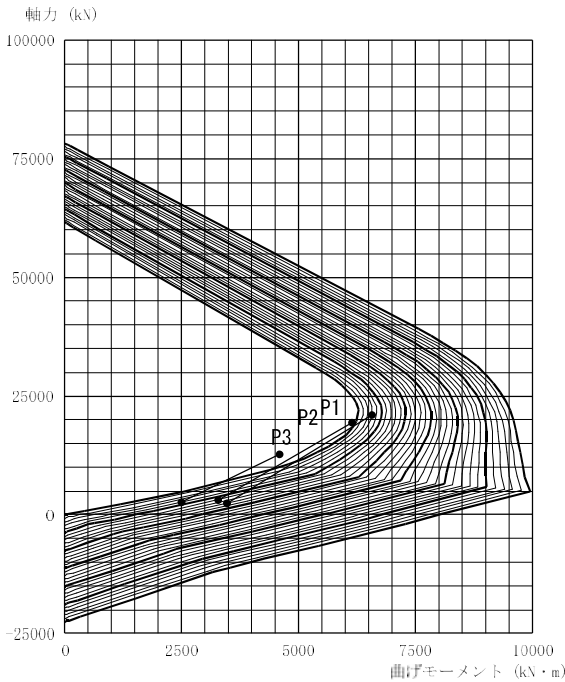
外径 (D 1) = 1400 (mm)
外端からの鉄筋芯距離 (D c) = 95 (mm)
コンクリート強度 (F c) = 60 (N/mm²)
コンクリート長期許容 (f c) = 1/3F_c
鉄筋種類 = SD490
ヤング係数比 (n) = 9
鉄筋終局強度倍率 (α) = 1.0
鉄筋比変動範囲 (P g) = 0.0 ~ 3.0 % step 0.1 %

4) 絞り部の断面算定

P_g は絞り部 (0.7D=1400Φ) の断面に対して
算定し、絞り部の引張定着筋量が M-N 曲線の
必要 P_g 以上であることを確かめる。

- P1 ... 16-D41 (SD490)
→ P_g=1.4% (>0.9%) OK
- P2 ... 12-D41 (SD490)
→ P_g=1.05% (>0.6%) OK
- P3 ... 8-D38 (SD490)
→ P_g=0.59% (>0.4%) OK

注) 絞り部断面算定用の曲げと軸力は、
杭頭部における値を採用した。



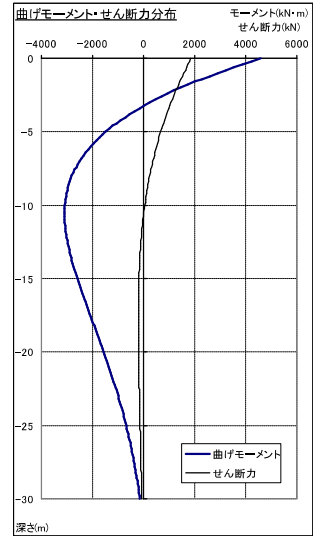
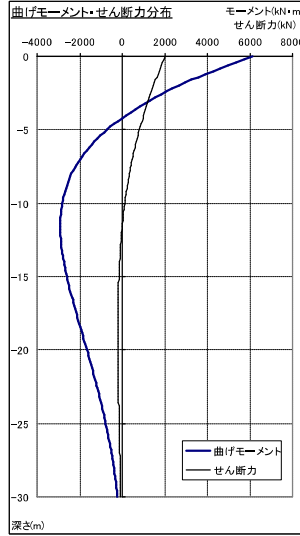
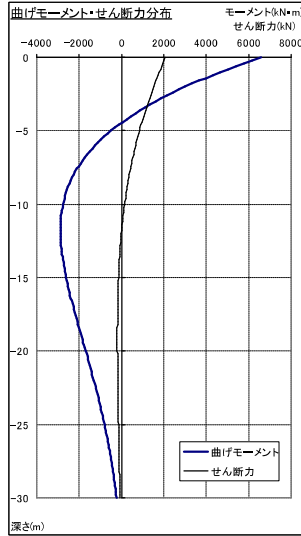
曲げモーメント・せん断力分布図

(圧縮側)

杭記号	P1
杭径	2000 (mm)
杭頭固定度 α	0.68
β	0.1069 (m^{-1})
杭頭曲げモーメント	6582 ($\text{kN}\cdot\text{m}$)
地中部最大曲げモーメント	-2880 ($\text{kN}\cdot\text{m}$)
最大モーメント発生深さ	11.8 (m)
杭頭変位	29.2 (mm)

杭記号	P2
杭径	2000 (mm)
杭頭固定度 α	0.65
β	0.1069 (m^{-1})
杭頭曲げモーメント	6137 ($\text{kN}\cdot\text{m}$)
地中部最大曲げモーメント	-2912 ($\text{kN}\cdot\text{m}$)
最大モーメント発生深さ	11.5 (m)
杭頭変位	29.1 (mm)

杭記号	P3
杭径	2000 (mm)
杭頭固定度 α	0.53
β	0.1069 (m^{-1})
杭頭曲げモーメント	4600 ($\text{kN}\cdot\text{m}$)
地中部最大曲げモーメント	-3093 ($\text{kN}\cdot\text{m}$)
最大モーメント発生深さ	10.6 (m)
杭頭変位	29.1 (mm)

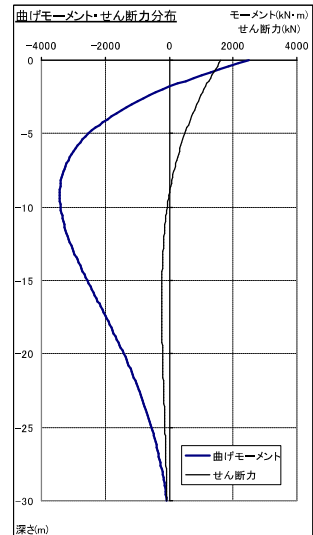
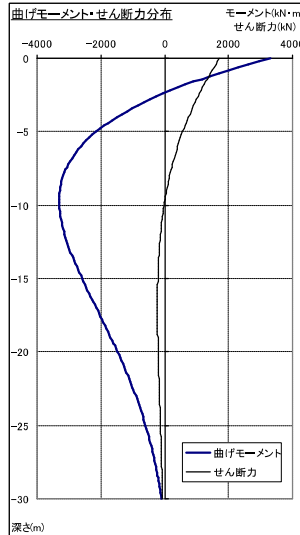
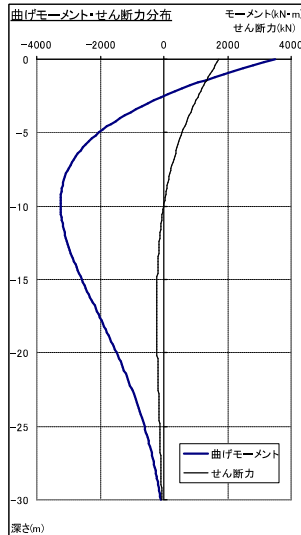


(引張側)

杭記号	P1
杭径	2000 (mm)
杭頭固定度 α	0.43
β	0.1069 (m^{-1})
杭頭曲げモーメント	3484 ($\text{kN}\cdot\text{m}$)
地中部最大曲げモーメント	-3255 ($\text{kN}\cdot\text{m}$)
最大モーメント発生深さ	9.9 (m)
杭頭変位	29.1 (mm)

杭記号	P2
杭径	2000 (mm)
杭頭固定度 α	0.41
β	0.1069 (m^{-1})
杭頭曲げモーメント	3295 ($\text{kN}\cdot\text{m}$)
地中部最大曲げモーメント	-3306 ($\text{kN}\cdot\text{m}$)
最大モーメント発生深さ	9.7 (m)
杭頭変位	29.2 (mm)

杭記号	P3
杭径	2000 (mm)
杭頭固定度 α	0.33
β	0.1069 (m^{-1})
杭頭曲げモーメント	2506 ($\text{kN}\cdot\text{m}$)
地中部最大曲げモーメント	-3429 ($\text{kN}\cdot\text{m}$)
最大モーメント発生深さ	9.2 (m)
杭頭変位	29.0 (mm)



(6) PCリングの選択

PCリング短期許容せん断力

タイプ	N	S1	S2
せん断力	2060kN	2760kN	3600kN

P1 : Q=2069 kN P2 : Q=2018 kN P3 : Q=1855 kN

→ P1はS1タイプ、P2、P3はNタイプとする。

4. 施工基準

4.1 施工要領

(1) 適用範囲

本施工要領は、キャプテンパイル工法における引張定着筋・P Cリング他の施工及び品質管理に適用する。

杭頭部以外の施工管理は、別に定める杭工事の施工要領によるが、シースの取付け及び引張定着筋の施工（前施工）については、本要領に基づき作成することとする。

また、施工者は工事に先立ち本施工要領に基づき、施工要領書を作成し工事監理者の承認を得ることとする。

P Cリング他の施工に当っては、キャプテンパイル工法の機能を確保できるよう、打設された杭に対して以下の精度確認・処理を行う。

- ① 杭頭部の施工状態（形状、位置、レベル等）を杭工事施工結果報告書及び設計図書により確認し、その誤差を明らかにする。
- ② 杭頭偏芯の許容値は、設計図書の構造特記仕様書又は設計図書に指定された仕様書に準ずることとし、その値を超えるものは工事監理者と協議の上、補強等の対策を講じる。
- ③ その他杭頭部に変更が生じた場合は、工事監理者と協議の上、杭頭部の性能を低下させないように補強する。

(2) 施工フロー

本工法の施工フローを図 4.1.1 に示す。なお、 は本工法特有および関連する工程を表している。

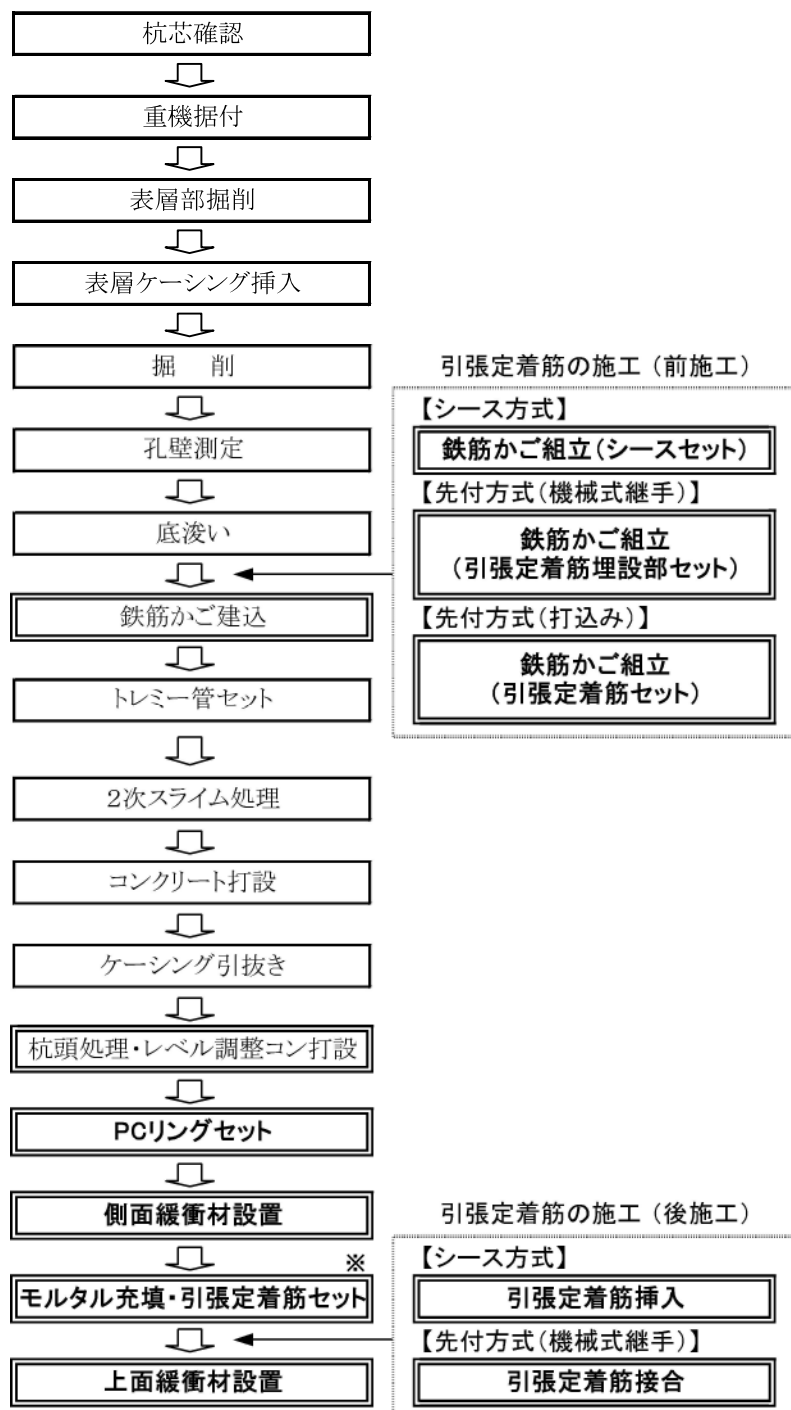


図 4.1.1 施工フロー

(3) 引張定着筋の施工（前施工）

杭の施工のうち、本工法特有の鉄筋かごの組立とシースの組み込み手順について図 4. 1. 2(1)～図 4. 1. 2(2)に示す。

① 補強フレームの先組（現場組立（平組））

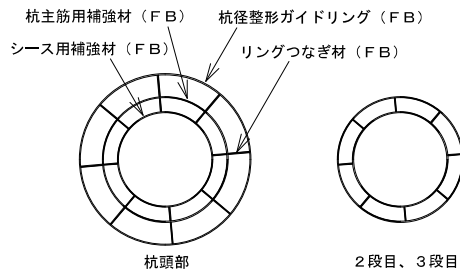
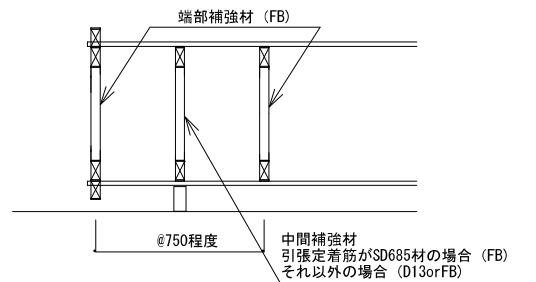
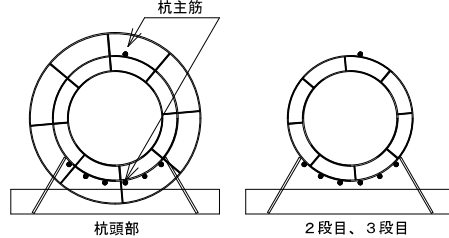
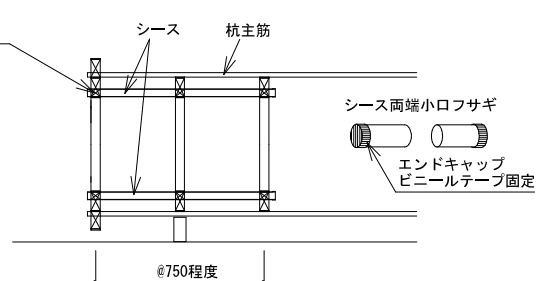
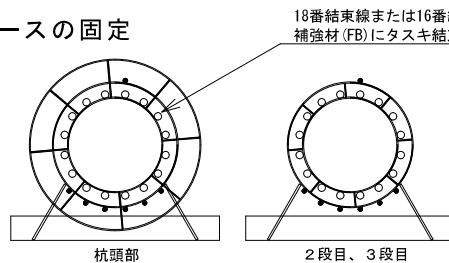


写真 1. 杭径整形ガイドリング製作

② 補強フレームの固定



③ シースの固定



④ 主筋取付け

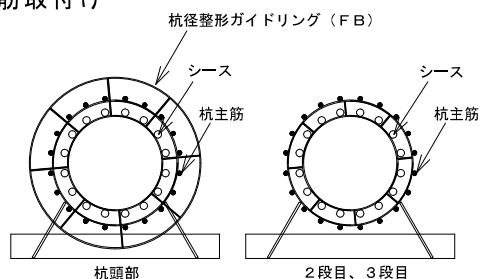


写真 2. 主筋取付け

図 4. 1. 2(1) 鉄筋かごの組立とシースの組み込み手順(手順①～④)

⑤ フープ筋取付け・かご筋組立完了

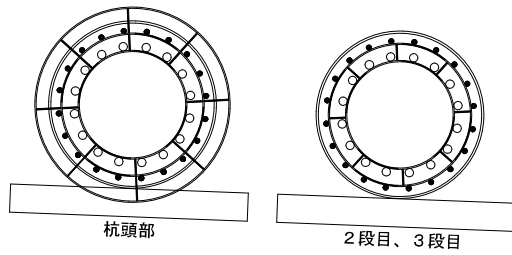
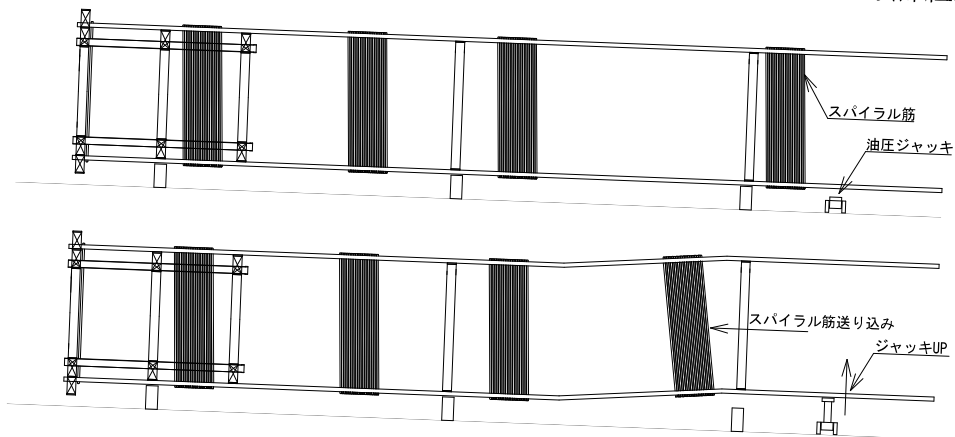
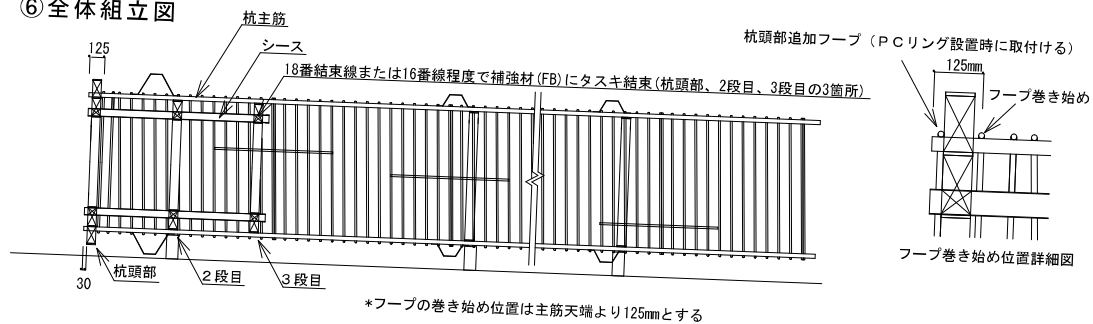


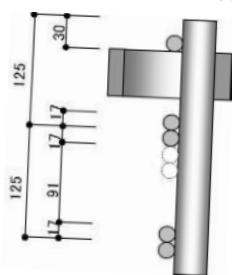
写真 3. 杭頭部組立完了



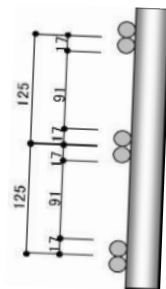
⑥ 全体組立図



(例-束ねフープ U17@125 の場合)



杭頭部束ねフープ納まり図



一般部束ねフープ納まり図



継手部束ねフープ納まり図

※束ねフープのピッチは@125 以上@150 以下とする

図 4. 1. 2 (2) 鉄筋かごの組立とシースの組み込み手順(手順⑤～⑥)

(4) 杭頭処理

① 掘削工事及び杭頭処理工事

掘削工事及び杭頭処理工事では、杭に多大な外力が働かないようにして行う。
杭頭部に付着した土等は、完全に除去する。

② 杭頭位置精度検査

- ・ 杭頭レベル

許容値以内であることを確認する。

許容値以外の場合は工事監理者と協議の上、補強等の対策を講じる。

- ・ 杭芯位置

許容値以内であることを確認する。

許容値以外の場合は工事監理者と協議の上、補強等の対策を講じる。

(5) P C リング及び引張定着筋の設置手順

a. シース方式

場所打ちコンクリート杭におけるP C リング及び引張定着筋の設置手順フローを図4.1.3に、設置手順を図4.1.4(1)～(3)に示す。

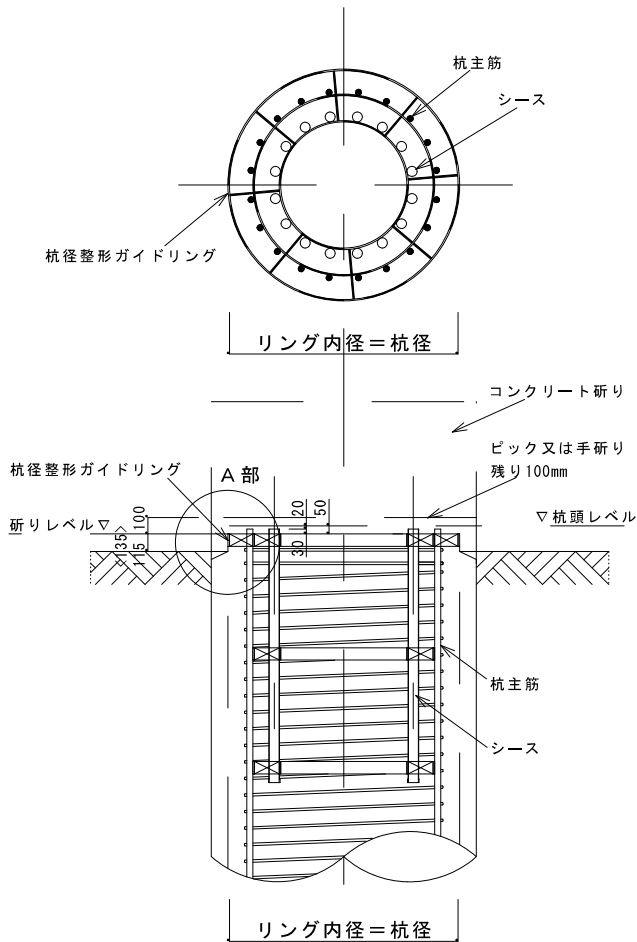


<>内の値は杭径が2100φ～3000φの場合

図4.1.3 P C リング及び引張定着筋の設置手順フロー (シース方式)

①杭頭処理

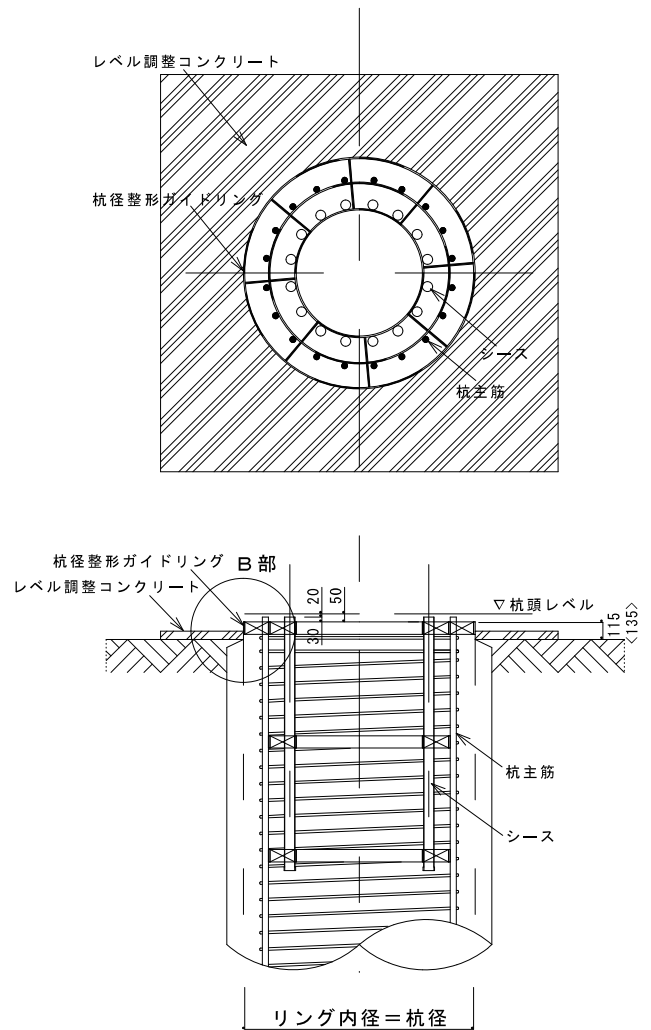
- 余盛り部コンクリートの研りを行い、杭天端外周部はP Cリングが納まるように杭径整形ガイドリングに沿って研る。
(レベル調整コンクリート厚が 50mm の場合)



※ < > 内は杭径が2100φ～3000φの場合を示す

②レベル調整コンクリート打設

- P Cリング設置用のレベル調整コンクリートであるため、レベル精度に留意する。



※ < > 内は杭径が2100φ～3000φの場合を示す

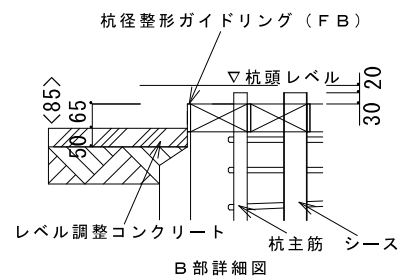
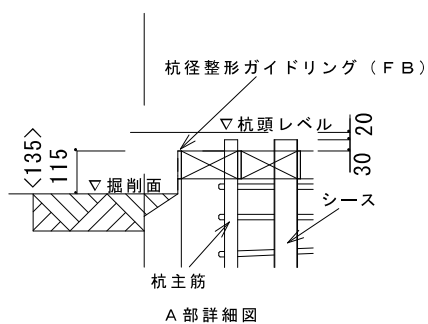
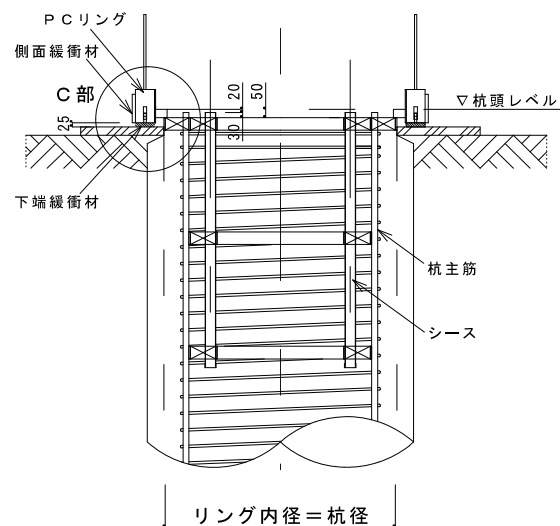
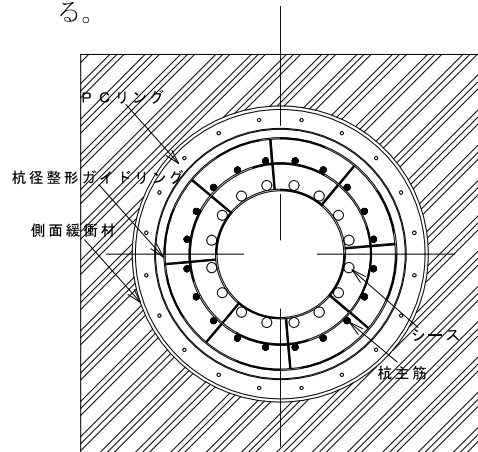


図 4.1.4(1) P Cリング及び引張定着筋の設置手順(手順①～②)

③PCリングの設置

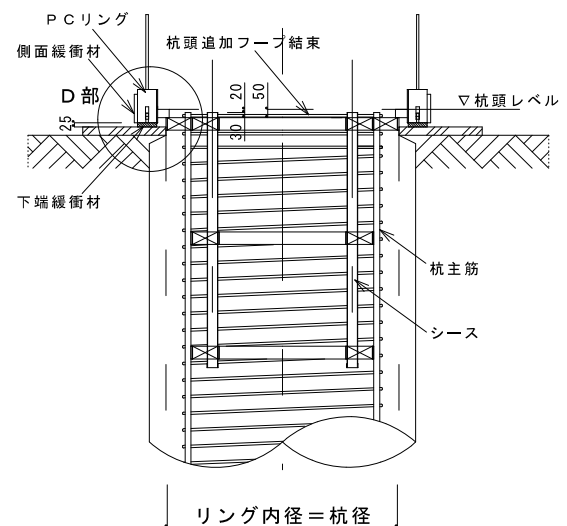
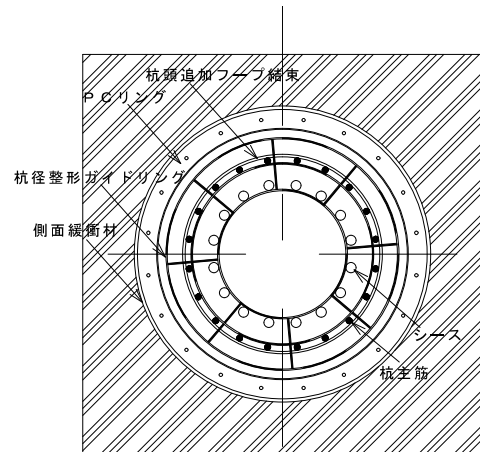
- ・下端緩衝材を設置する。
- ・杭天端整形後の杭芯に合わせて設置する。
- ・レベル調整ボルトまたはレベル調整プレートにて高さ調整を行う。
- ・側面緩衝材をPCリング下端合わせで巻き付ける。



※< >内は杭径が2100φ～3000φの場合を示す

④シース、杭頭追加フープ

- ・シース内洗浄、定着筋長さの確認。
- ・杭頭追加フープの結束固定。
- ・引張定着筋の定着寸法の確認。



※< >内は杭径が2100φ～3000φの場合を示す

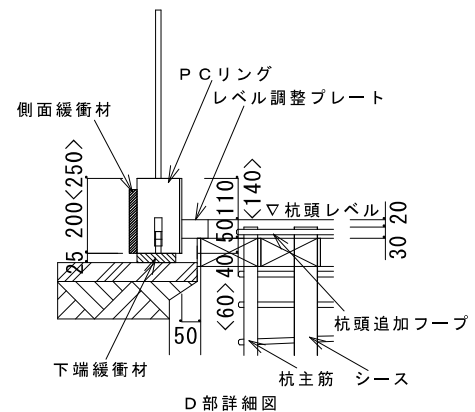
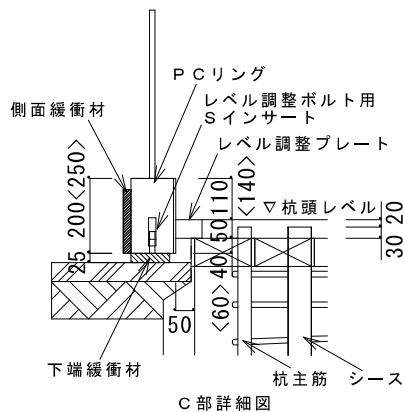
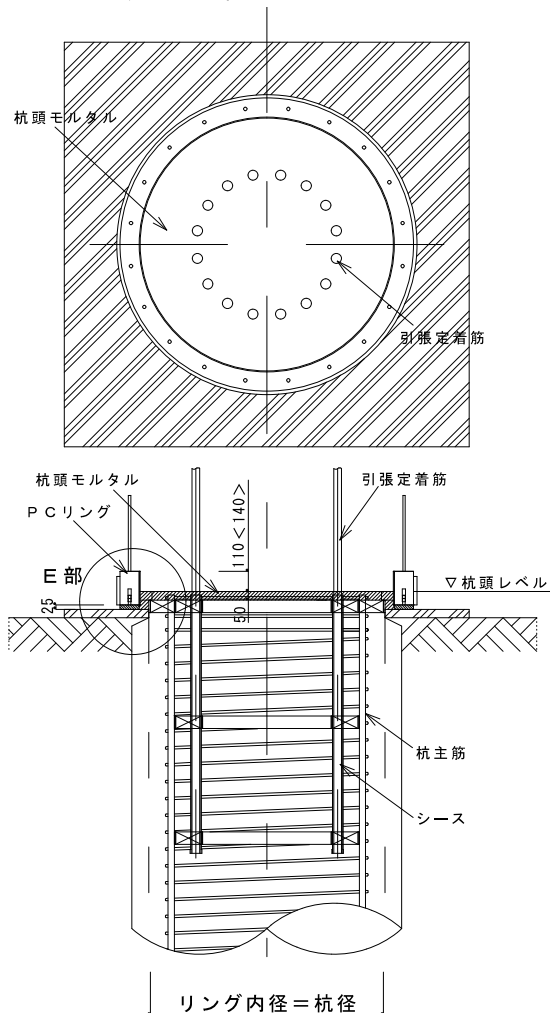


図 4. 1. 4 (2) PCリング及び引張定着筋の設置手順(手順③～④)

⑤引張定着筋設置、杭頭部モルタル充填

- ・グラウト材をシース内に充填する。
- ・引張り定着筋をシース内に挿入する。
- ・モルタルを杭頭に充填し、モルタル天端レベルを調整する。



※< >内は杭径が2100φ～3000φの場合を示す

⑥上面緩衝材の設置

- ・⑤のモルタルの硬化後、上面緩衝材を設置する。

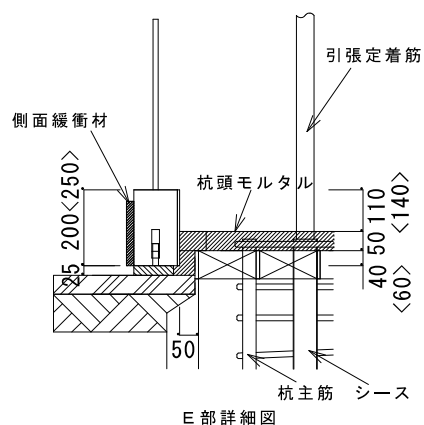
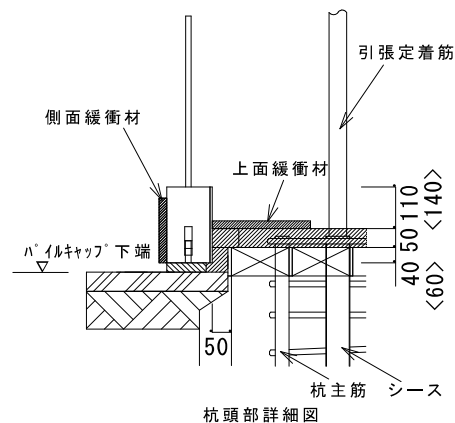
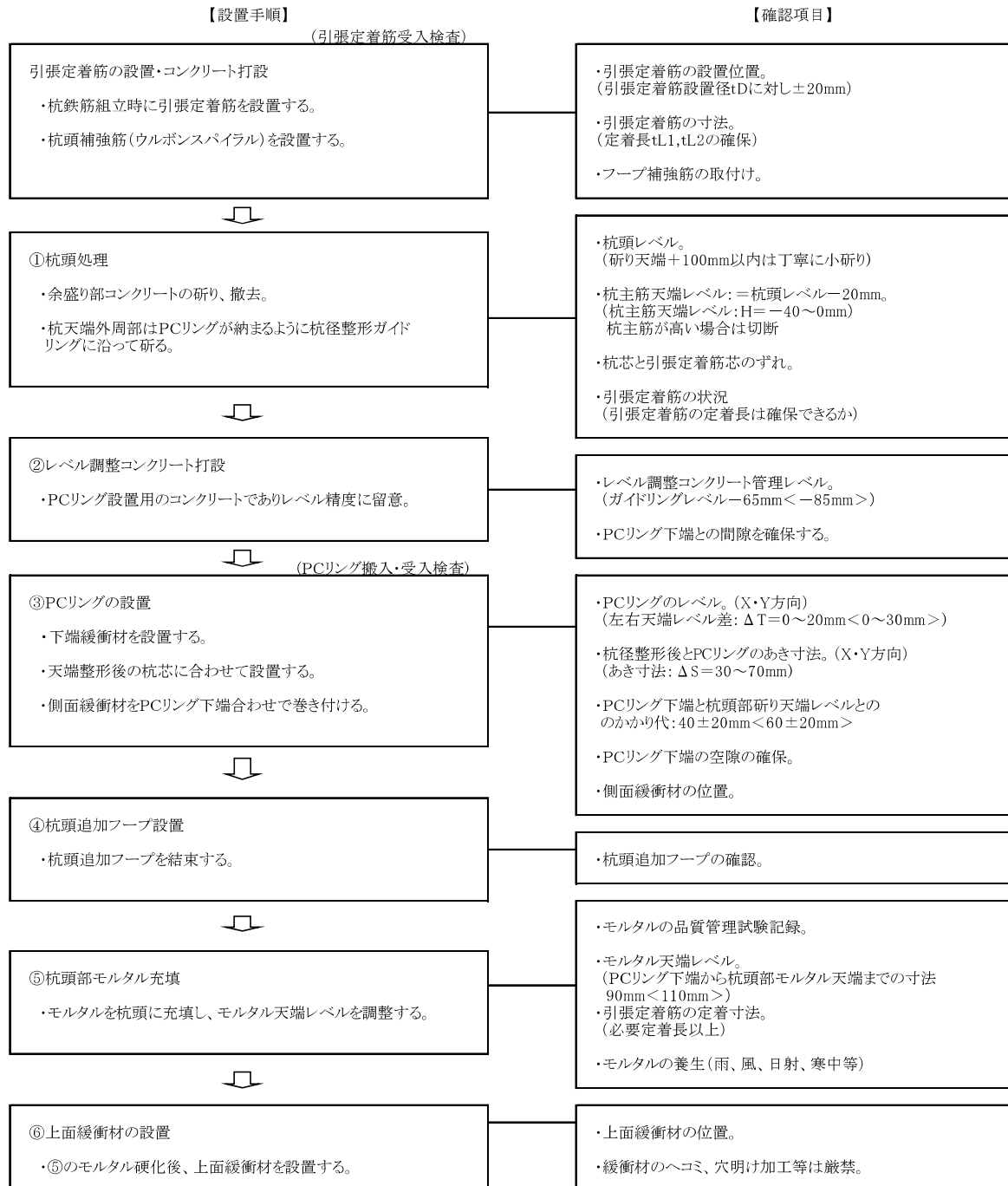


図 4. 1. 4 (3) P C リング及び引張定着筋の設置手順(手順⑤～⑥)

b. 先付け方式(打込み)

場所打ちコンクリート杭におけるPCリング及び引張定着筋の設置手順フローを図4.1.5に、設置手順を図4.1.6(1)～(3)に示す。

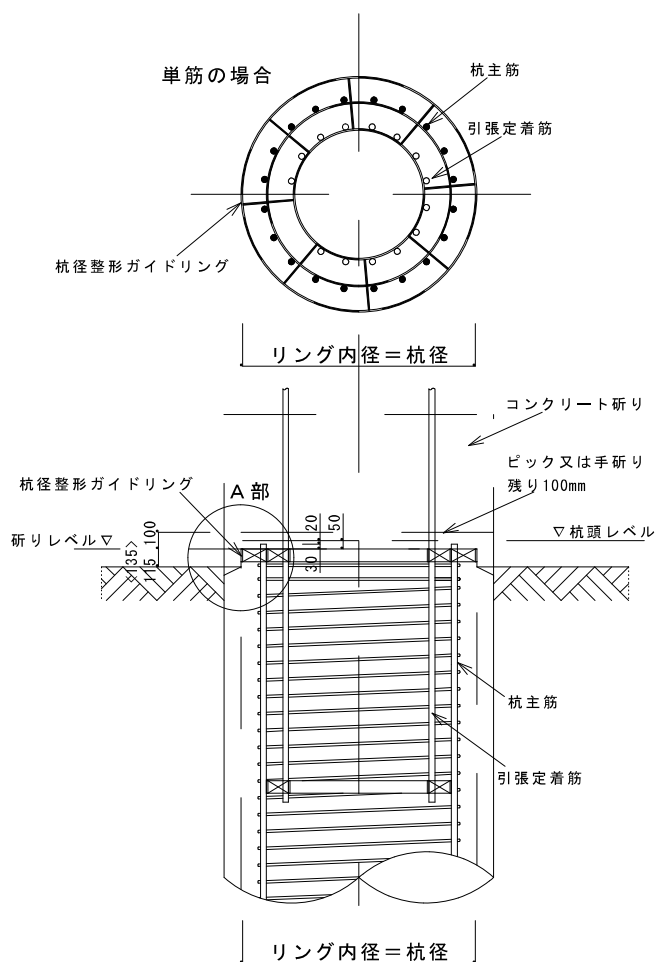


<>内の値は杭径が2100φ～3000φの場合

図4.1.5 PCリング及び引張定着筋の設置手順フロー(先付け方式)

①杭頭処理

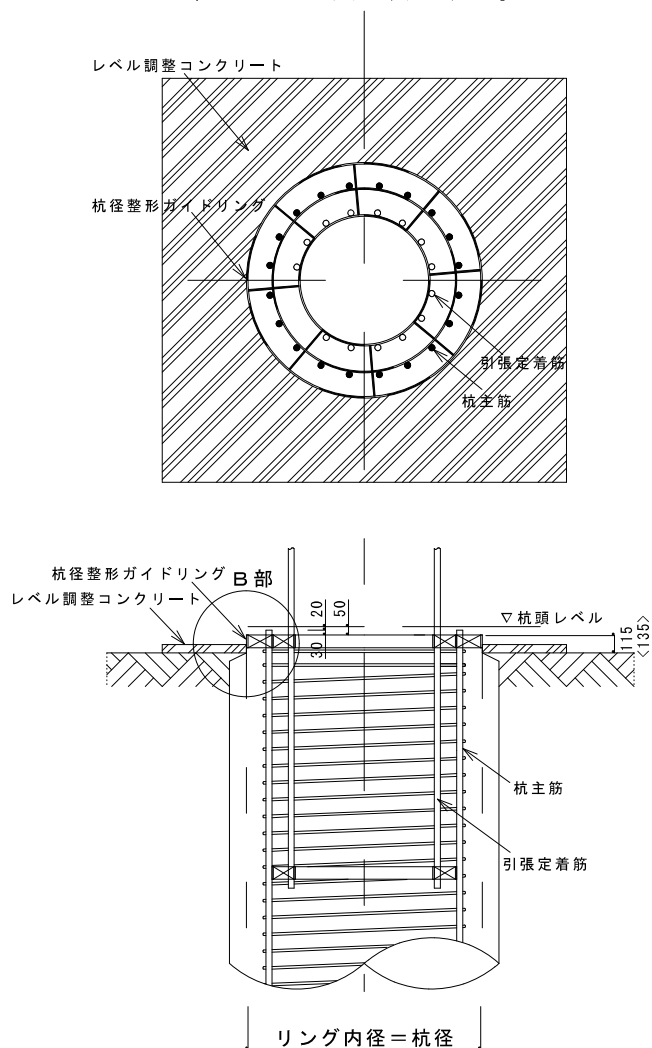
- 余盛り部コンクリートの研りを行い、杭天端外周部はP Cリングが納まるように杭整形ガイドリングに沿って研る。
(レベル調整コンクリート厚が 50mm の場合)



※ < > 内は杭径が2100φ～3000φの場合を示す

②レベル調整コンクリート打設

- P Cリング設置用のレベル調整コンクリートであり、レベル精度に留意する。



※ < > 内は杭径が2100φ～3000φの場合を示す

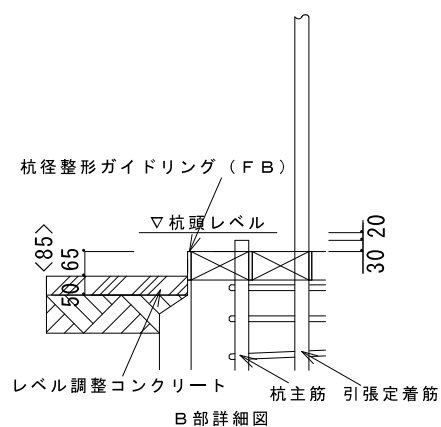
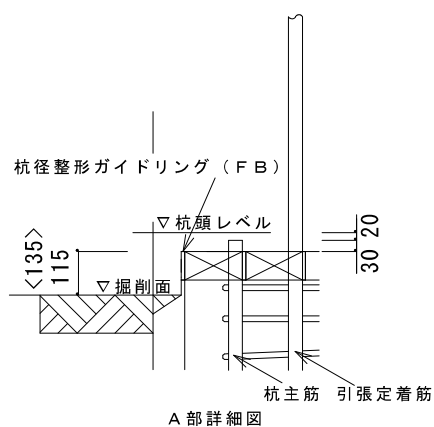
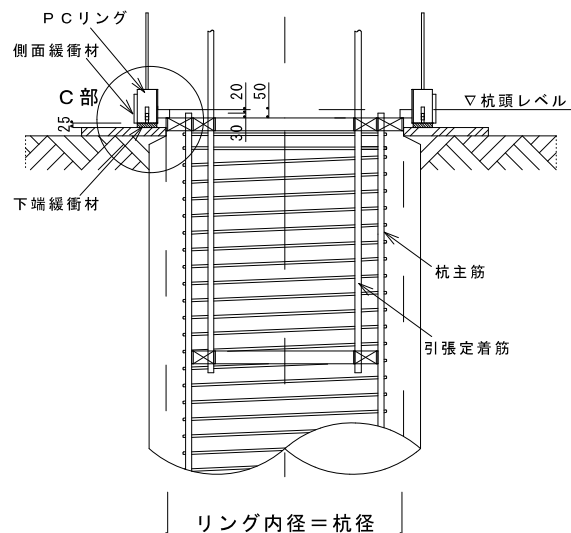
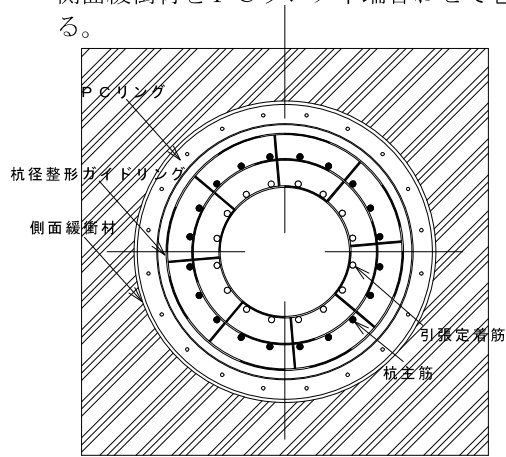


図 4. 1. 6 (1) P Cリング及び引張定着筋の設置手順(手順①～②)

③PCリングの設置

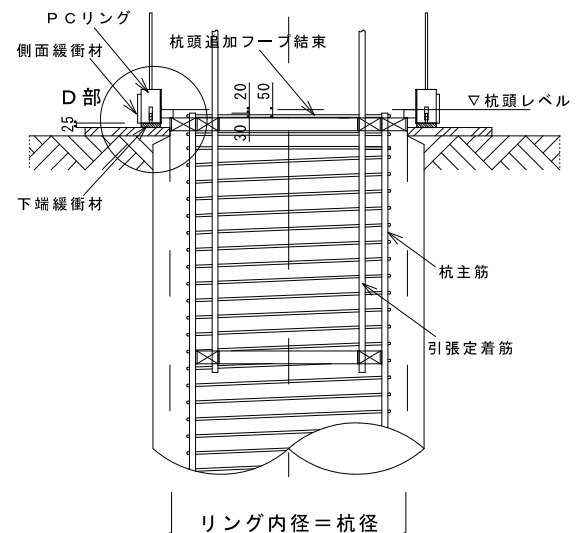
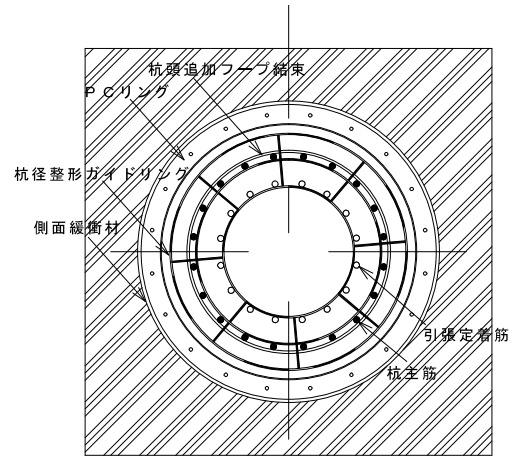
- ・下端緩衝材を設置する。
- ・杭天端整形後の杭芯に合わせて設置する。
- ・レベル調整ボルトまたはレベル調整プレートにて高さ調整を行う。
- ・側面緩衝材をPCリング下端合わせで巻き付ける。



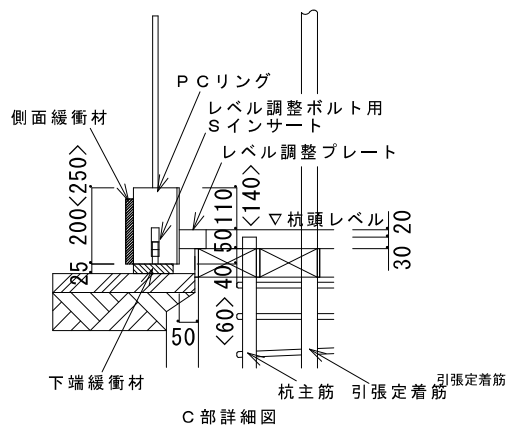
※＜ ＞内は杭径が2100φ～3000φの場合を示す

④杭頭追加フープ

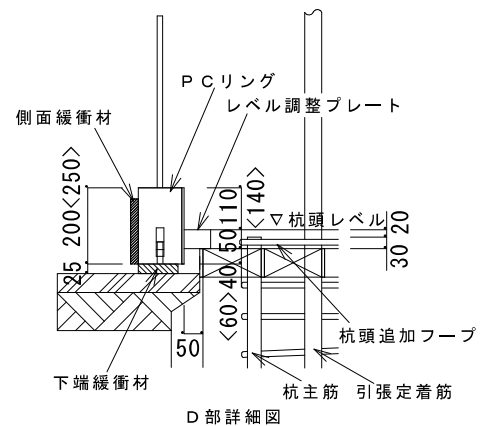
- ・杭頭追加フープの結束固定。



※＜ ＞内は杭径が2100φ～3000φの場合を示す



C部詳細図

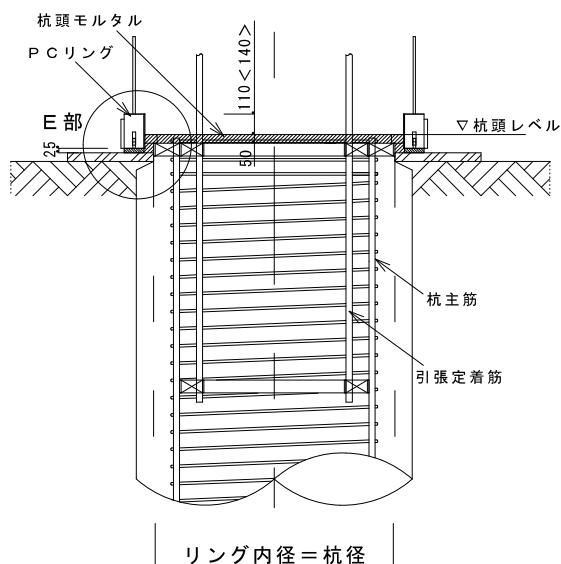
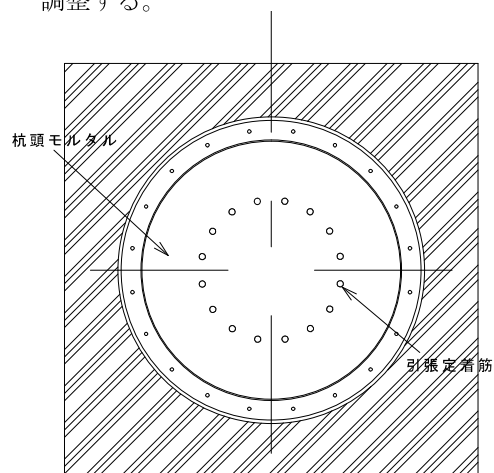


D部詳細図

図 4.1.6(2) PCリング及び引張定着筋の設置手順(手順③～④)

⑤杭頭部モルタル充填

- ・モルタルを杭頭に充填し、モルタル天端レベルを調整する。



※ < > 内は杭径が2100φ～3000φの場合を示す

⑥上面緩衝材の設置

- ・⑤のモルタルの硬化後、上面緩衝材を設置する。

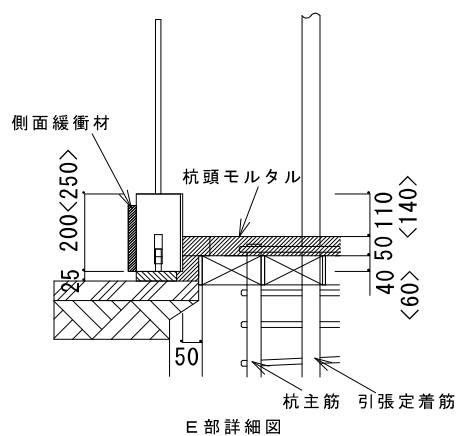
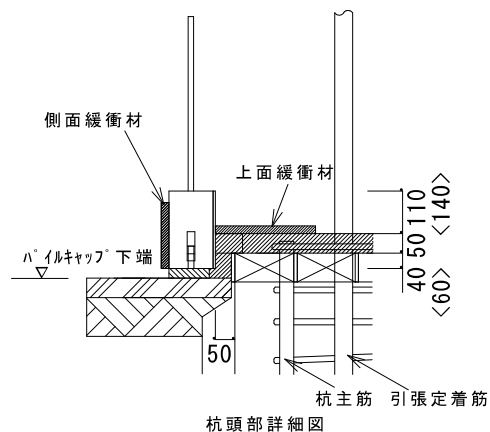


図 4.1.6 (3) PCリング及び引張定着筋の設置手順(手順⑤～⑥)

4.2 施工管理基準

(1) 品質管理

品質管理に必要な試験・検査の項目およびその判定基準は、表 4.2.1 に示す各許容差または特記による。キャブテンパイル工法におけるシース、杭主筋、PCリング、引張定着筋の施工精度管理値は表 4.2.1 によるものとし、その値を超えるものは工事監理者と協議の上、補強等の対策を講じる。なお、充填モルタルの品質管理値を表 4.2.2 に示す。

表 4.2.1 キャブテンパイル工法における施工精度管理値および対策

		測定対象	測定時期	基準値	許容値	許容値を越えた 場合の対策
シース または 引張定着筋	シース設置位置 または 引張定着筋設置位置	X・Y 方向 2 点間距離	杭鉄筋 組立時	t D	±20	位置修正
	シース天端レベル (シース方式のみ)	X・Y 方向 4 点測定	杭鉄筋 組立時	杭頭－20	±5	位置修正
	引張定着筋の長さ	全数	組立時	設計値	0 以上	位置修正または 引張定着筋取替え
杭主筋	天端レベル	全 数	杭頭 処理後	H 杭頭－20	±20	> 0 : 主筋カット < -40 : 監理者協議
PC リング	杭整形後と PC リング のあき寸法	X・Y 方向 4 点測定	PC リング 設置時	ΔS 50	±20	位置修正
	PC リングの左右 天端レベル差	X・Y 方向	PC リング 設置時	ΔT 0	～20 (30)	位置修正
	PC リング下端と杭頭 部すり天端レベルとの かかり代	X・Y 方向 4 点測定	PC リング 設置時	40 (60)	±20	位置修正
引張定着筋	引張定着筋の定着寸法	全 数	グラウト 充填前後	tL1, tL2 設計値	0 以上	監理者協議
モルタル	杭頭部モルタル厚さ	X・Y 方向 4 点測定	モルタル 打設後	Δt 50	±20	監理者協議
	PC リング下端から杭 頭部モルタル天端まで の寸法	X・Y 方向 4 点測定	モルタル 打設後	K 90 (110)	0～20	監理者協議

() 内の値は杭径が 2100φ～3000φ の場合

表 4.2.2 充填モルタルの品質管理値

種 類	測定時期	測定項目	品質管理値
シースグラウト材	フレッシュ時	J ₁₄ ロート試験	メーカー仕様による [参考値 : 8±2 (sec)]
	硬化後	材令 28 日 (4 週) 強度	36N/mm ² 以上
杭頭部モルタル	硬化後	材令 28 日 (4 週) 強度	36N/mm ² 以上、かつ杭体とパイ ルキャップの設計基準強度の うち小さい方を上回る値以上

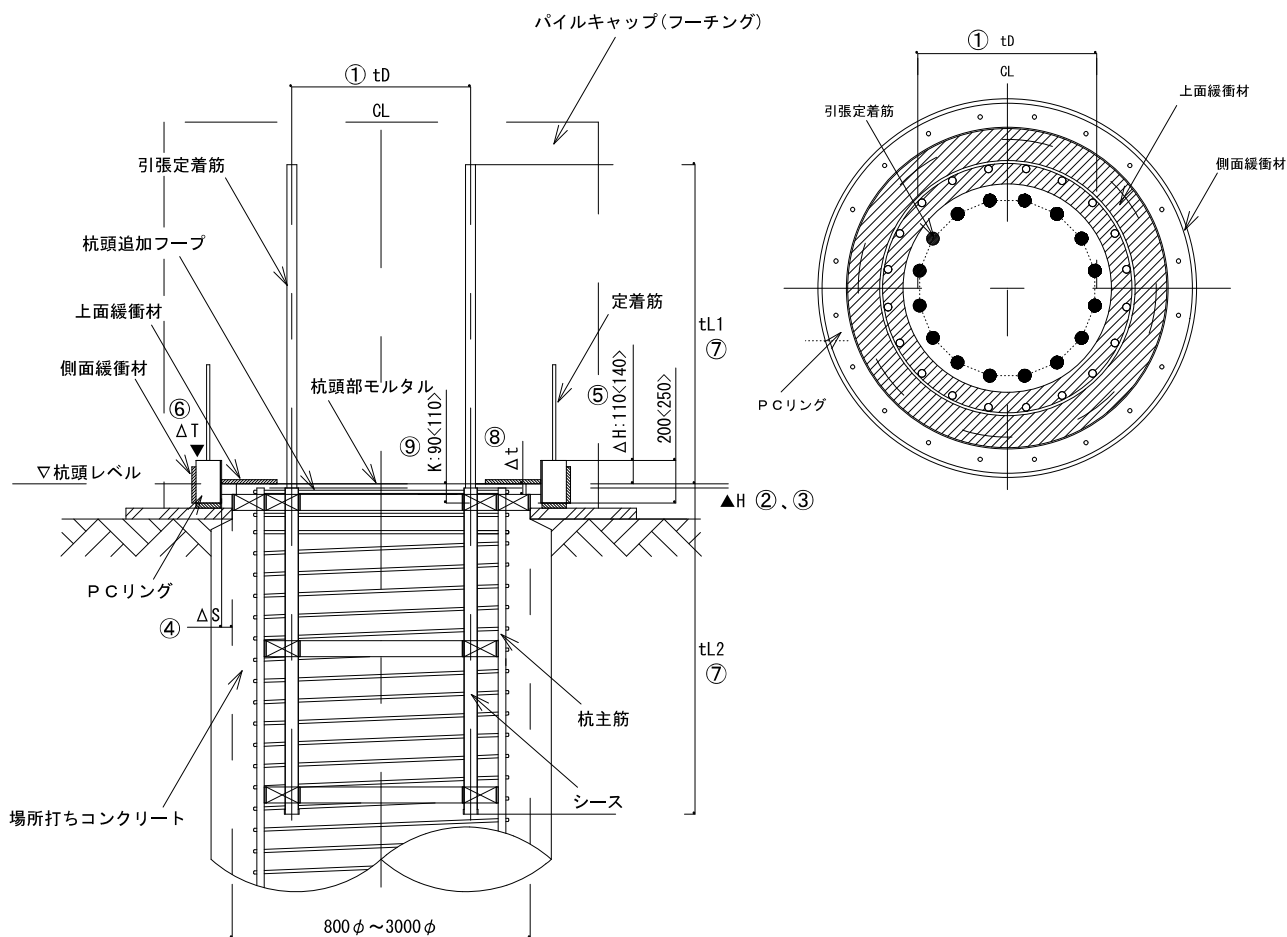
[注] シースグラウト材 : シース方式での引張定着筋シース内定着に用いる無収縮モルタル

杭頭部モルタル : 杭天端および PC リングと杭頭部の隙間充填に用いるモルタル

(2) 引張定着筋取付方式別管理基準

a. シース方式

PCリング及び引張定着筋の施工精度管理については、場所打ちコンクリート杭の主筋天端レベルを含め、①～⑨について全数を測定し、図 4.2.1 に示す許容値以内に納まっていることを確認する。



※ < > 内は杭径が2100φ～3000φの場合を示す

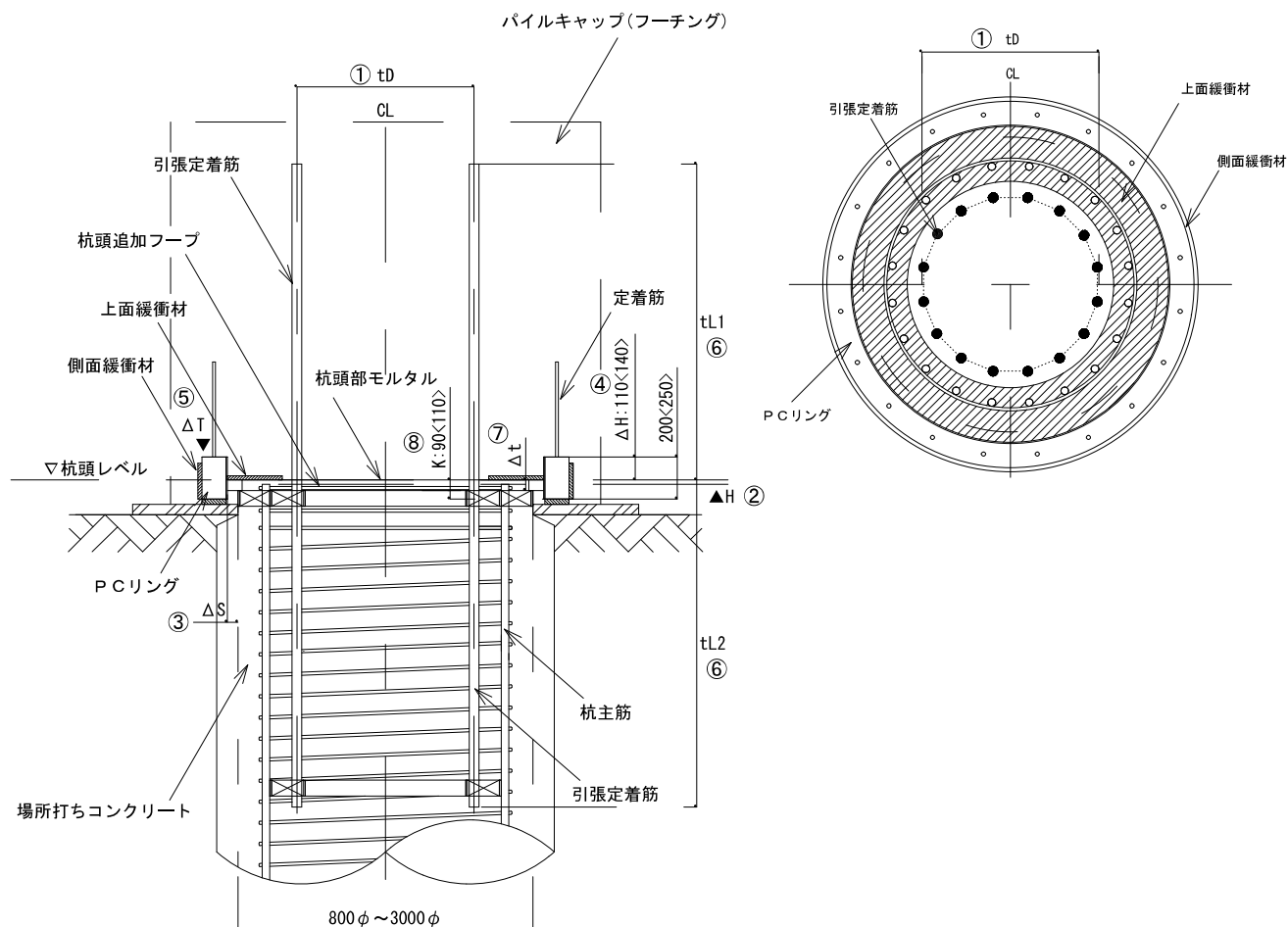
①シース設置位置	tD	±20
②シース天端レベル	杭頭レベルー20	±5
③主筋天端レベル	H 杭頭レベルー20	±20
④杭整形後とPCリングのあき寸法	ΔS 50	±20
⑤PCリング天端レベル	ΔH 杭頭レベル+110 (+140)	0～-20
⑥PCリングの左右天端レベル差	ΔT 0	0～20 (0～30)
⑦引張定着筋の定着寸法	tL1, tL2	必要定着長以上
⑧杭頭部モルタル厚さ	Δt 50	±20
⑨PCリング下端から杭頭部モルタル天端までの寸法	K 90 (110)	0～+20

() 内の値は杭径が 2100φ～3000φ の場合

図 4.2.1 施工精度測定項目（シース方式）

b. 先付方式（打込み）

PCリング及び引張定着筋の施工精度管理については、場所打ちコンクリート杭の主筋天端レベルを含め、①～⑧について全数を測定し、図 4.2.2 に示す許容値以内に納まっていることを確認する。



※＜ ＞内は杭径が2100φ～3000φの場合を示す

①引張定着筋設置位置	tD	±20
②主筋天端レベル	H 杭頭レベル－20	±20
③杭整形後とPCリングのあき寸法	ΔS 50	±20
④PCリング天端レベル	ΔH 杭頭レベル＋110（＋140）	0～－20
⑤PCリングの左右天端レベル差	ΔT 0	0～20（0～30）
⑥引張定着筋の定着寸法	tL1, tL2	必要定着長以上
⑦杭頭部モルタル厚さ	Δt 50	±20
⑧PCリング下端から杭頭部モルタル天端までの寸法	K 90（110）	0～＋20

（ ）内の値は杭径が 2100φ～3000φの場合

図 4.2.2 施工精度測定項目〔先付方式（打込み）〕

付 評定書



評 定 書 (工法等)

申込者	鹿島建設株式会社	代表取締役社長	押味	至一	様
	株式会社奥村組	代表取締役社長	奥村	太加典	様
	五洋建設株式会社	代表取締役社長	清水	琢三	様
	戸田建設株式会社	代表取締役社長	今井	雅則	様
	飛島建設株式会社	代表取締役社長	乗京	正弘	様
	西松建設株式会社	代表取締役社長	高瀬	伸利	様
	株式会社長谷工コーポレーション	代表取締役社長	池上	一夫	様
	松井建設株式会社	取締役社長	松井	隆弘	様
	三井住友建設株式会社	代表取締役社長	新井	英雄	様
	周波熱錬株式会社	代表取締役社長	溝口	茂	様

件 名 キャブテンパイル工法 (場所打ちコンクリート杭用杭頭半固定工法)

令和2年8月19日付けで評定の申し込みのあった本件については、下記のとおり評定申込事項に係る技術的基準に適合しているものと評定します。

なお、本評定書の有効期間は、本評定日より令和7年12月21日までとします。

令和2年12月11日



一般財団法人日本建築センター
The Building Center of Japan

理事長

橋本 公博



記

1. 評定申込事項

本件は、「杭頭接合工法評定基準 (平成13年2月21日制定)」に係る評定の申し込みがなされたものである。

2. 評定の区分
更新3. 評定をした工法等
別紙1のとおり

4. 評定の内容

(1) 方法

本評定は、基礎評定委員会 (委員長: 安達俊夫) において、申込者から提出された資料に基づき審査を行ったものである。

(2) 審査内容

別紙2のとおり

5. 備考

本評定は、設計・施工・品質管理等が適切に行われることを前提に、提出された資料に基づいて行ったものであり、個々の工事等の実施過程及び実施結果の適切性は評定の範囲に含まれていない。

場所打ち杭用杭頭半固定工法

キャプテンパイル工法「設計・施工マニュアル」

2006 年 4 月 1 日初版発行

2008 年 10 月 1 日第 2 版

2011 年 4 月 1 日第 3 版

2016 年 4 月 1 日第 4 版

2021 年 4 月 1 日第 5 版

編集・発行

キャプテンパイル協会 事務局 高周波熱錬(株)

〒141-8639 東京都品川区東五反田 2-17-1

TEL 03-3443-5445 FAX 03-5488-7538

<http://www.cepia.biz/>



鹿島建設株式会社	〒107-8502	東京都港区赤坂6-5-30	03-5561-2111
株式会社奥村組	〒545-8555	大阪府大阪市阿倍野区松崎町2-2-2	06-6625-3788
五洋建設株式会社	〒112-8576	東京都文京区後楽2-2-8	03-3816-7111
戸田建設株式会社	〒104-0032	東京都中央区八丁堀2-8-5	0570-0027-05
飛島建設株式会社	〒108-0075	東京都港区港南1-8-15 Wビル5F	03-6455-8300
西松建設株式会社	〒105-6407	東京都港区虎ノ門1-17-1	03-3502-0232
株式会社長谷工コーポレーション	〒105-8507	東京都港区芝2-32-1	03-3456-5451
松井建設株式会社	〒104-8281	東京都中央区新川1-17-22	03-3553-1153
三井住友建設株式会社	〒104-0051	東京都中央区佃二丁目1-6	03-4582-3015
株式会社浅沼組	〒556-0017	大阪府大阪市浪速区湊町1-2-3	06-6585-5500
株式会社植木組	〒945-8540	新潟県柏崎市駅前1-5-45	0257-22-6242
大末建設株式会社	〒541-0056	大阪府大阪市中央区久太郎町2-5-28	06-6121-7348
鉄建建設株式会社	〒101-8366	東京都千代田区神田三崎町2-5-3	03-3221-2152
東亜建設工業株式会社	〒163-1031	東京都新宿区西新宿3-7-1 新宿パークタワー31階	03-6757-3852
東急建設株式会社	〒150-8340	東京都渋谷区渋谷1-16-14	03-5466-5292
株式会社ナカノフドー建設	〒102-0076	東京都千代田区五番町4-7	03-3265-4687
大豊建設株式会社	〒104-8289	東京都中央区新川1-24-4	03-3297-7013
事務局			
高周波熱錬株式会社	〒141-8639	東京都品川区東五反田2-17-1	03-3443-5445